



ESCOLA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA. UNIVERSITAT DE LLEIDA

PROJECTE FINAL DE CARRERA. ENGINYERIA AGRÒNOMA

## **Anàlisi de les variacions de la humitat del sòl en parcel·les de vinya mecanitzada amb diferent grau d'alteració del sòl i sota diferents distribucions de la pluja a Masquefa (L'Anoia)**



Realitzat per: Júlia Consuegra Marimon

Tutora: M<sup>a</sup> Concepción Ramos Martín

Data: Desembre de 2009



**ÍNDIX DE CONTINGUTS**

1	INTRODUCCIÓ .....	6
2	OBJECTIUS .....	8
3	ANTECEDENTS.....	9
3.1	MOTIVACIÓ: EL CANVI CLIMÀTIC I ELS SEUS EFECTES .....	9
3.2	L'AIGUA EN EL SÒL .....	11
3.2.1	CAPACITAT DE RETENCIÓ D'AIGUA DISPONIBLE .....	11
3.2.2	INFILTRACIÓ .....	12
3.2.3	ESCORRENTIA .....	12
3.2.4	DRENATGE.....	13
3.3	NECESSITATS HÍDRIQUES I EFECTES DEL DÈFICIT HÍDRIC EN LA VINYA .....	13
3.3.1	NECESSITATS HÍDRIQUES.....	13
3.3.2	EFECTES DEL DÈFICIT HÍDRIC .....	16
3.4	PARTICULARITATS DEL CULTIU DE LA VINYA EN LA ZONA D'ESTUDI.....	17
3.5	TREBALLS REALITZATS EN EL MATEIX ÀMBIT.....	18
4	MATERIALS I MÈTODES .....	21
4.1	DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI.....	21
4.1.1	LOCALITZACIÓ .....	21
4.1.2	CLIMA .....	22
4.1.3	GEOMORFOLOGIA.....	23
4.1.4	SÒLS .....	24
4.1.5	USOS DEL SÒL .....	24
4.1.6	CARACTERÍSTIQUES DE LES PARCEL·LES D'ESTUDI.....	25
4.2	OBTENCIÓ DE LES DADES CLIMÀTIQUES.....	29
4.2.1	REGISTRES DE PLUJA .....	29
4.2.2	REGISTRES D'EVAPOTRANSPIRACIÓ DE REFERÈNCIA ( $ET_0$ ) .....	30
4.3	MESURES DE LA HUMITAT DEL SÒL.....	31
4.3.1	CALIBRACIÓ DE LA SONDA TDR.....	31
4.3.2	REALITZACIÓ DE LES MESURES EN CAMP .....	32
4.4	DETERMINACIÓ DE LES NECESSITATS HÍDRIQUES DE LA VINYA .....	34
4.5	CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC .....	35
4.6	OBTENCIÓ DE LES DADES DE PRODUCCIÓ.....	35
5	RESULTATS I DISCUSSIÓ .....	35
5.1	PRECIPITACIÓ.....	35
5.1.1	RESUM COMPARATIU DE LES PRECIPITACIONS.....	35
5.2	HUMITAT DEL SÒL .....	35
5.2.1	RESULTATS ANY 2002 .....	35
5.2.2	RESULTATS ANY 2003.....	35
5.2.3	RESULTATS ANY 2004 .....	35
5.2.4	ESTUDI DE LA DISTRIBUCIÓ DE LA HUMITAT DEL SÒL.....	35

5.2.5	RESPOSTA DEL SÒL EN FRONT A DETERMINADES CONDICIONS CLIMÀTIQUES .....	35
5.3	BALANÇ HÍDRIC I COMPARACIÓ AMB LES NECESSITATS HÍDRIQUES DE LA VINYA.....	35
5.3.1	RESULTATS DEL BALANÇ HÍDRIC .....	35
5.3.2	DISCUSSIÓ DELS RESULTATS.....	35
5.4	PRODUCCIÓ .....	35
6	CONCLUSIONS .....	35
6.1	PRECIPITACIONS.....	35
6.2	DISTRIBUCIÓ DE LA HUMITAT EN EL SÒL.....	35
6.3	NECESSITATS DE LA VINYA I PRODUCCIÓ .....	35
6.4	ASPECTES QUE ES PODEN MILLORAR .....	35
7	BIBLIOGRAFIA .....	35

## ÍNDEX DE TAULES

Taula 1.	Valors estadístics de precipitació a l'estació meteorològica de Vilafranca del Penedès, anys 1889-1999. (Ramos, 2001) .....	23
Taula 2.	Característiques de retenció d'humitat i d'infiltració dels sòls de cada parcel·la (a partir de Nacci, 2001) .....	28
Taula 3.	Taula resum de les estacions meteorològiques consultades. ....	29
Taula 4.	Esquema dels punts de mesura d'humitat. ....	34
Taula 5:	Resum de períodes per dates. ....	35
Taula 6:	Caracterització de les precipitacions l'any 2002, per períodes. ....	35
Taula 7:	Caracterització de les precipitacions l'any 2003, per períodes. ....	35
Taula 8:	Caracterització de les precipitacions l'any 2004, per períodes. ....	35
Taula 9:	Resum comparatiu de les pluges dels anys 2002 a 2004, per períodes. ....	35
Taula 10.	Valors mitjans i desviació estàndard del contingut d'aigua en el sòl per a cada punt i profunditat estudiats. ....	35
Taula 11.	Comparació de la precipitació amb la humitat mitjana en cada parcel·la, per períodes.....	35
Taula 12.	Producció de raïm en les parcel·les d'estudi per als anys 2002 i 2003. ....	35
Taula 13.	Superfície i producció de raïm a les comarques de Barcelona (DARP, 1999). ....	35

## ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Plànol de situació de la finca experimental, al municipi de Masquefa (elaboració pròpia a partir de mapa 1:50.000 del ICC).....	21
Figura 2. Plànol topogràfic de la finca experimental Mas Bernic (font: topografia a escala 1:5.000 del ICC). .....	22
Figura 3. Situació de les parcel·les i dels punts de mesura en la finca experimental Mas Bernich (elaboració pròpia a partir d'ortofoto a escala 1:25.000 del ICC). .....	25
Figura 4. Imatge de la parcel·la P, amb el relleu original (foto: C. Ramos). .....	27
Figura 5. Imatge de la parcel·la T. En segon pla s'observa la magnitud dels desmunts realitzats per modelar el terreny de la finca (foto: C. Ramos). .....	27
Figura 6. Representació esquemàtica dels punts de mostreig en el pendent .....	28
Figura 7. Ubicació dels tubs per a la sonda TDR en les fileres de vinya (foto: C. Ramos). .....	32
Figura 8. Mesura de la humitat del sòl amb la sonda TDR (foto: C. Ramos). .....	32
Figura 9. Distribució del camp elèctric de la sonda TRIME i volum aproximat de mesura (IMKO, 2004). .....	33
Figura 10. Coeficient de cultiu ( $K_c$ ) al llarg de l'any en el cultiu de vinya per a vi (Allen et al., 1998). .	35
Figura 11. Precipitació diària (mm) i I30 (mm/h) de l'any 2002 a l'estació de Els Hostalets de Pierola. ....	35
Figura 12. Precipitació diària (mm) i I30 (mm/h) de l'any 2003 a l'estació de Els Hostalets de Pierola. ....	35
Figura 13. Precipitació diària (mm) i I30 (mm/h) de l'any 2004 a l'estació de Els Hostalets de Pierola. ....	35
Figura 14. Comparació de les precipitacions per períodes amb la mitjana. ....	35
Figura 15. Comparació de les intensitats (I30) per períodes. ....	35
Figura 16. Precipitació acumulada anual de 2002 a 2004 a l'estació meteorològica de Els Hostalets de Pierola. ....	35
Figura 17. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la P en els tres punts d'estudi, l'any 2002. ....	35
Figura 18. Perfils d'humitat en el període 2-02 a la parcel·la P. ....	35
Figura 19. Perfils d'humitat en el període 3-02 a la parcel·la P. ....	35
Figura 20. Perfils d'humitat en el període 4-02 a la parcel·la P. ....	35
Figura 21. Perfils d'humitat en el període 5-02 a la parcel·la P. ....	35
Figura 22. Perfils d'humitat en el període 6-02 a la parcel·la P. ....	35
Figura 23. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la T en els tres punts d'estudi, l'any 2002. ....	35
Figura 24. Perfils d'humitat en el període 2-02 a la parcel·la T.....	35
Figura 25. Perfils d'humitat en el període 3-02 a la parcel·la T. ....	35
Figura 26. Perfils d'humitat en el període 4-02 a la parcel·la T.....	35
Figura 27. Perfils d'humitat en el període 5-02 a la parcel·la T.....	35
Figura 28. Perfils d'humitat en el període 6-02 a la parcel·la T.....	35

Figura 29. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la P en els tres punts d'estudi, l'any 2003. ....	35
Figura 30. Perfils d'humitat en el període 1-03 a la parcel·la P. ....	35
Figura 31. Perfils d'humitat en el període 2-03 a la parcel·la P. ....	35
Figura 32. Perfils d'humitat en el període 3-03 a la parcel·la P. ....	35
Figura 33. Perfils d'humitat en el període 5-03 a la parcel·la P. ....	35
Figura 34. Perfils d'humitat en el període 6-03 a la parcel·la P. ....	35
Figura 35. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la T en els tres punts d'estudi, l'any 2003. ....	35
Figura 36. Perfils d'humitat en el període 1-03 a la parcel·la T.....	35
Figura 37. Perfils d'humitat en el període 2-03 a la prcel·la T.....	35
Figura 38. Perfils d'humitat en el període 3-03 a la parcel·la T.....	35
Figura 39. Perfils d'humitat en el període 5-03 a la parcel·la T.....	35
Figura 40. Perfils d'humitat en el període 6-03 a la parcel·la T.....	35
Figura 41. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la P en els tres punts d'estudi, l'any 2004. ....	35
Figura 42. Perfils d'humitat en el període 1-04 a la parcel·la P. ....	35
Figura 43. Perfils d'humitat en el període 2-04 a la parcel·la P. ....	35
Figura 44. Perfils d'humitat en el període 3-04 a la parcel·la P. ....	35
Figura 45. Perfils d'humitat en el període 4-04 a la parcel·la P. ....	35
Figura 46. Perfils d'humitat en el període 5-04 a la parcel·la P. ....	35
Figura 47. Perfils d'humitat en el període 6-04 a la parcel·la P. ....	35
Figura 48. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la T en els tres punts d'estudi, l'any 2004. ....	35
Figura 49. Perfils d'humitat en el període 1-04 a la parcel·la T.....	35
Figura 50. Perfils d'humitat en el període 2-04 a la parcel·la T.....	35
Figura 51. Perfils d'humitat en el període 3-04 a la parcel·la T.....	35
Figura 52. Perfils d'humitat en el període 4-04 a la parcel·la T.....	35
Figura 53. Perfils d'humitat en el període 5-04 a la parcel·la T.....	35
Figura 54. Perfils d'humitat en el període 6-04 a la parcel·la T.....	35
Figura 55. Representació gràfica dels valors mitjans d'humitat i desviació estàndard per a cada profunditat, en funció de la posició en el relleu.....	35
Figura 56. Comparació dels perfils d'humitat en el sòl en els moments més secs de cada any.....	35
Figura 57. Comparació dels perfils d'humitat en el sòl en els moments més humits de cada any.....	35
Figura 58. Comparació dels perfils d'humitat en el sòl en moments d'humitat intermèdia de cada any. ....	35
Figura 59. Balanç hídric de l'any 2002. ....	35
Figura 60. Balanç hídric de l'any 2003. ....	35
Figura 61. Balanç hídric de l'any 2004. ....	35

## 1 INTRODUCCIÓ

A partir de la dècada de 1960 s'ha donat a Catalunya una progressiva introducció d'allò que s'ha anomenat "agricultura intensiva", la qual ha comportat un canvi de les tècniques de producció, abandonant els sistemes tradicionals cap a una major tecnificació dels cultius (increment de la mecanització agrària, utilització d'adobs químics i pesticides, concentracions parcel·làries...).

Si bé tots aquests canvis han permès la modernització de les explotacions i l'augment de la productivitat, amb beneficis econòmics més alts a curt termini, també és cert que han acabat creant un conjunt de problemes, entre els quals es troben els ambientals.

Alguns dels efectes ambientals més importants d'aquest desenvolupament es donen en els sòls. Aquesta importància ve donada pel fet que els sòls, entre moltes altres funcions, representen la base de la producció agrícola i, per altra banda, són molt sensibles a la degradació, ja que no són un recurs renovable a escala humana.

La pràctica agrícola tradicional en terrenys amb fort pendent, tradicionalment, consistia en l'abancament, el qual impedia el moviment del sòl vessant avall i contribuïa a la seva conservació. Actualment, l'abancament no resulta sempre viable, tant pel seu cost econòmic com per les dificultats que comporta per a la mecanització dels cultius. D'aquesta manera, en les transformacions dels terrenys i les noves rompudes, les mesures de conservació de sòls són habitualment ignorades. S'instal·len nous conreus en zones de gran pendent, molt exposades a l'erosió, sense fer servir cap sistema que en redueixi els efectes; o bé es realitzen grans moviments de terra per tal d'obtenir superfícies extenses amb pendent moderat, més fàcils de mecanitzar, sense tenir en compte les conseqüències d'aquests moviments sobre les característiques dels sòls, que poden quedar molt alterades en modificar la disposició dels diferents horitzons del sòl ([Martínez-Casasnovas et al., 2003](#)).

En el cas de la zona de l'Anoia i l'Alt Penedès, la creixent mecanització del cultiu de la vinya ha comportat un canvi en els sistemes tradicionals de plantació de les vinyes -seguint les corbes de nivell- per plantacions en línies llargues i rectes, amb l'objectiu de facilitar la circulació de la maquinària. Això ha comportat moltes vegades la realització de grans moviments de terra, creant condicions edàfiques i de relleu molt diferents a les originals, amb noves fileres que moltes vegades queden en el sentit del pendent ([Nacci, 2001](#)), i mesures contra l'erosió poc efectives o inexistents.

Per altra banda, segons l'Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya ([Liebot, 2004](#)), en els darrers anys s'ha posat de manifest que les activitats antròpiques estan produint canvis en els sistemes que determinen el clima de la Terra. Així doncs, es pot parlar de l'existència d'un canvi climàtic a escala global, lligat a les activitats humanes, que se superposa al canvi que ja experimenten de forma natural

les condicions climàtiques del planeta. S'apunta que possiblement aquest canvi té el seu origen en una sèrie de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) emesos a l'atmosfera com a resultat de les pautes de comportament i consum de les societats del planeta. Aquests gasos s'acumulen a l'atmosfera amb més rapidesa de la que seia possible eliminar-los per mitjans naturals, i atrapen la calor, contribuint a canviar el clima amb impactes generalitzats.

Una de les conclusions d'aquest informe és que una de les principals amenaces a Catalunya per a l'agricultura i la silvicultura és la disminució de la disponibilitat d'aigua deguda l'augment de l'evapotranspiració amb les temperatures i la possible reducció de les pluges, així com l'augment d'episodis extrems. Els canvis en les variables climàtiques podrien afectar la productivitat dels conreus i els riscos meteorològics als quals estan sotmesos. Segons aquest informe, la reducció de la disponibilitat hídrica podria ser crítica en les zones de secà, tot reduint la productivitat de cultius com l'olivera, l'ametller, l'avellaner o la vinya.

Els dos factors plantejats (modificació física del sòl i canvi climàtic) tenen tendència a ser cada cop més presents en l'agricultura a Catalunya. Tots dos són factors que poden influir sobre la disponibilitat d'aigua per als cultius i, per tant, que mereixen especial atenció en els cultius de secà, que depenen d'aquesta disponibilitat.

L'estudi de la influència d'aquests dos factors sobre el cultiu de la vinya pot ser d'interès, ja que es tracta d'un cultiu tradicionalment de secà i, per tant, que depèn tant de la quantitat com de la distribució de les precipitacions. A més, és d'un cultiu de certa importància econòmica en moltes àrees catalanes i, per tant, és interessant poder conèixer de quina manera i en quin grau la vinya es pot veure afectada pels dos condicionants descrits.

Cal tenir en compte que en la producció de raïm no sempre es busca la màxima productivitat, ja que, en funció de l'ús previst per a aquest raïm i, especialment en la producció de vi, es prioritzen aspectes més relacionats amb la qualitat que no pas amb la quantitat de producció. Sent conscients d'això, aquest projecte planteja estudiar tan sols la influència de l'aportació hídrica anual sobre la productivitat, deixant de banda altres paràmetres.



## **2 OBJECTIUS**

Aquest projecte es planteja amb la finalitat de conèixer com la distribució de les pluges i l'alteració de les propietats hidrològiques del sòl poden influir sobre la disponibilitat d'aigua en cultius de vinya (*Vitis vinifera* L.) mediterranis de secà i, com a conseqüència, sobre la seva producció a nivell quantitatiu.

Es pretén, per tant, mesurar les variacions en la distribució i l'evolució de l'aigua del sòl en parcel·les de vinya amb diferències en les alteracions en el terreny portades a terme per a la mecanització del cultiu, i estudiar aquest paràmetre a diferents profunditats i davant de diverses situacions que es poden registrar pel que fa a la quantitat i distribució de les pluges.

Per a assolir aquest objectiu, es planteja una sèrie d'objectius específics, per a una sèrie de dades de tres anys (de 2002 a 2004).

- Estudiar les característiques de les pluges, pel que fa a quantitat i distribució.
- Conèixer l'evolució del contingut d'aigua en el sòl a diferents profunditats, i la seva evolució espacial i temporal en parcel·les amb diferent grau d'alteració del terreny.
- Establir la possible influència dels dos factors anteriors sobre la producció de raïm, per mitjà de la comparació de les dades obtingudes amb les necessitats hídriques teòriques del cultiu.

### **3 ANTECEDENTS**

#### **3.1 MOTIVACIÓ: EL CANVI CLIMÀTIC I ELS SEUS EFECTES**

L'evidència del canvi climàtic va sent confirmada en els darrers anys per un nombre cada cop més elevat d'estudis sobre el tema. No obstant, com subratlla [Vicente \(2000\)](#), el canvi climàtic està molt contrastat i estudiat pel que fa a les temperatures, però no pel que fa a les pluges, a causa de la gran variabilitat d'aquestes, especialment en el clima mediterrani, comporta un considerable grau de dificultat en el seu estudi. No obstant, també existeix un gran nombre d'estudis realitzats sobre els efectes generals del canvi climàtic en diversos aspectes del medi i, en concret, sobre els efectes en l'agricultura.

En el cas concret de les possibles influències del canvi climàtic sobre els cultius, hi ha diverses referències relatives a l'agricultura en la zona mediterrània, tot i que és difícil trobar estudis explícits pel que fa al cultiu de la vinya.

L'Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya ([Llebot, 2004](#)) concreta diversos efectes del canvi climàtic sobre la vegetació, els sòls i els recursos hídrics:

- Els efectes del canvi climàtic sobre l'agricultura són incerts, variats i complexos i presenten interaccions entre ells i amb factors culturals, polítics i socioeconòmics, entre els quals destaquen l'abandonament de les activitats agràries i els canvis en els usos del sòl, els quals poden tenir unes repercussions tant o més grans que el canvi climàtic. La reducció de la superfície destinada a terres de cultiu i boscos a causa dels processos d'urbanització segueix un ritme molt ràpid arreu del món, principalment a les zones més properes a grans àrees metropolitanes. En àrees més allunyades de la dinàmica metropolitana, l'abandonament i posterior embosquinament de les terres de cultiu té com a conseqüències una pèrdua de biodiversitat, una reducció de la qualitat del paisatge i un augment del risc d'incendis. Com a contrapartida, el pas de conreu a bosc podria incrementar la capacitat de fixació de carboni atmosfèric.
- L'augment de la temperatura pot conduir a curt termini a la ràpida mineralització de la matèria orgànica dels sòls forestals i agrícoles i, a la llarga, a una disminució de la disponibilitat de nutrients al sòl.
- A Catalunya, una de les principals amenaces per a l'agricultura i la silvicultura és la disminució de la disponibilitat d'aigua amb l'augment de l'evapotranspiració amb les temperatures i la possible reducció de les pluges, la qual cosa produiria variacions en la productivitat. Aquest aspecte, però, presenta certa complexitat i està condicionat a altres factors que poden afectar la productivitat dels conreus (tipus de sòl, etc.).

- Els canvis en les variables climàtiques podrien afectar la productivitat dels conreus i els riscos meteorològics als quals estan sotmesos.
- La reducció de la disponibilitat hídrica podria ser crítica en les zones de secà, tot reduint la productivitat de cultius com l'olivera, l'ametller, l'avellaner o la vinya. L'efecte del canvi climàtic sobre la vinya, però, probablement dependrà d'efectes microclimàtics particulars.
- A Catalunya, els efectes del canvi climàtic sobre els recursos hídrics cal estimar-los considerant les possibles tendències que experimentarà la meteorologia a la conca mediterrània: augment de les temperatures, manteniment o lleugera disminució de la precipitació i increment dels episodis extrems (aiguats). La repercussió d'aquests canvis sobre la dinàmica hidrològica és complexa, però a grans trets podria comportar un augment important de l'evapotranspiració, una disminució de la recàrrega dels aqüífers i, exceptuant els episodis extrems, una reducció del cabal dels rius.
- Les tendències climàtiques no afavoririen la recuperació de les deficiències actuals en la disponibilitat de recursos hídrics. Concretament, la recuperació del nivell hidràulic en els aqüífers intensament explotats, la millora de la qualitat en àrees amb contaminació d'aigües superficials o subterrànies o la salinització d'aqüífers litorals, i la major disponibilitat d'aigua per a zones humides i de ribera esdevindrien menys probables atesos els canvis que aquests fenòmens suposarien en la dinàmica hidrològica. L'augment del risc d'avingudes és un factor molt important en el context de Catalunya.
- El canvi climàtic ve a afegir-se a les moltes pressions a les quals actualment estan sotmesos els ecosistemes terrestres en general i, és clar, també els catalans: canvis en els usos del sòl, elevades demandes de recursos, sobreexplotació o abandonament, deposició de nutrients i contaminants, etc. Tot plegat pot produir-los transformacions i, fins i tot, posar-los en perill, així com als béns i serveis que proporcionen. L'impacte del canvi climàtic serà influït per la gestió que se'n faci i per les interaccions amb aquestes altres pressions.

Pel que fa als efectes concrets del canvi climàtic en la zona d'estudi: L'estudi realitzat per [Vicente \(2000\)](#) sobre la variabilitat de les pluges a la zona entre les dècades dels anys 1960 i els 1990, arriba a algunes conclusions:

- Les pluges diàries i les anuals enregistren desviacions estàndard cada vegada més elevades.
- Hi ha una gran variabilitat espacial de les precipitacions, atribuïble al clima mediterrani, i no s'observa cap tendència de canvi en aquest aspecte.
- S'ha observat una clara tendència a l'augment d'anys amb primaveres normal-seques i molt seques i anys amb tardors humides. Tot i això, els valors de precipitació mitjana anual es poden considerar dins de l'interval de precipitació normal. Aquest canvi en la distribució anual pot afectar d'una manera important el cultiu de la vinya ja que la quantitat de pluja durant el període vegetatiu

(primavera i estiu) té tendència a reduir-se i, per tant, hi ha el risc de no disposar d'aigua suficient per a cobrir els seus requeriments d'aigua per a un desenvolupament adequat.

- També s'observa una major concentració de la precipitació en successos més extrems.

Segons [Ayala \(2004\)](#) l'impacte del canvi climàtic a nivell de l'agricultura a Espanya, comportarà un descens de la productivitat dels secans i pastures per l'augment de l'estrès hídric i les ratxes de sequera; un augment de la vulnerabilitat dels conreus de fruiters per l'avançament de la floració, degut a les gelades tardanes; una vulnerabilitat més gran dels sòls a la salinització (per un augment de l'evapotranspiració) i, probablement, una major incidència de diverses plagues agrícoles.

Es pot comprovar, doncs, que els impactes que comporti el canvi climàtic a curt o mig termini, poden tenir una importància rellevant en el camp de l'agricultura i que, per tant, és important conèixer aquests efectes de la manera més exacta possible per tal de ser capaços de desenvolupar estratègies d'adaptació en cas necessari.

### 3.2L'AIGUA EN EL SÒL

La dinàmica de l'aigua en el sòl ve determinada per les característiques de les precipitacions i per les propietats físiques del propi sòl. Les relacions entre l'aigua i el sòl, per tant, poden veure's modificades a causa de l'alteració dels sòls, per exemple, en l'anivellament de terrenys.

Les propietats que es tindran en compte en aquest treball es descriuen a continuació.

#### 3.2.1 Capacitat de retenció d'aigua disponible

El terme capacitat de retenció d'aigua disponible per a les plantes (CRAD) defineix la fracció d'aigua que el sòl és capaç de retenir dins d'un interval de potencials en el qual les plantes poden absorbir-la. Aquest interval es troba entre la capacitat de camp (CC) i el punt de marciment permanent (PMP).

La **capacitat de camp** (CC) es defineix com el contingut d'aigua en el sòl després de 48 hores d'un reg o una pluja abundants. Se suposa que un cop passat aquest temps comença un drenatge lent de l'aigua continguda en el sòl. Es correspon aproximadament amb el contingut màxim d'aigua que pot retenir el sòl quan la major part de la macroporositat està ocupada per aire. A causa de la dificultat per a mesurar aquest paràmetre, habitualment s'estima a partir del contingut d'aigua que reté una mostra de sòl en equilibri sota una pressió de 33 kPa ([Porta et al., 2003](#)).

El **punt de marciment permanent** (PMP) es defineix com el contingut d'aigua per sota del qual la major part de les plantes no són capaces d'extreure aigua del sòl. Es correspon amb el límit inferior de l'aigua retinguda per forces de capil·laritat absorbible per les arrels. Per a estimar el seu valor, es

mesura el contingut d'aigua que reté una mostra de sòl en equilibri sota una pressió de 1500 kPa (Porta *et al.*, 2003).

La CRAD depèn de les propietats físiques del sòl i, per tant, del material originari i la seva organització. Però també varia en funció de la profunditat efectiva del sòl. Aquesta profunditat pot estar influïda pel maneig del sòl, tant per la presència d'una capa compactada a causa del pas continuat de maquinària com pel seu truncament a causa de moviments de terres. La profunditat efectiva del sòl, a la vegada també influirà en la distribució de les arrels en el perfil i, per tant, en el consum d'aigua per part d'aquestes.

La CRAD es pot expressar com a volum total d'aigua disponible en tot el perfil, en un metre quadrat de sòl (mm), o bé com a valor unitari sense tenir en compte la profunditat ( $\text{mm m}^{-1}$ ).

### 3.2.2 Infiltració

La infiltració designa el procés d'entrada d'aigua a través de la superfície del sòl, la qual cosa constitueix la primera etapa en el moviment de l'aigua en el sòl. Quan s'inicia un episodi de pluja, un reg o l'arribada d'un corrent d'aigua sobre un sòl sec, l'entrada tindrà lloc en condicions no saturades, principalment sota la influència dels gradients de potencial matricial per diferències en el contingut d'aigua i, en menor mesura, de la gravetat. L'entrada d'aigua en un sòl sec té lloc de manera uniforme, sempre que el perfil del sòl sigui homogeni, creant un front d'humectació per sobre del qual el sòl es troba saturat. (Porta *et al.*, 2003).

La capacitat d'infiltració d'un sòl està molt influïda per les característiques de la superfície. Així, per a un sòl amb les mateixes característiques, la capacitat d'infiltració en un sòl nu o en una superfície amb coberta vegetal pot variar de manera notable.

### 3.2.3 Escorrentia

Quan la velocitat de subministrament de l'aigua a la superfície del sòl excedeix la velocitat d'infiltració, l'aigua que no aconsegueix infiltrar tendeix a acumular-se sobre la superfície del sòl. Segons quines siguin les característiques del relleu superficial i del pendent del terreny, quan aquesta capacitat d'emmagatzematge superficial es veu desbordada, s'inicia el procés d'escorrentia, pel qual l'aigua que no ha penetrat ni pot ser emmagatzemada superficialment, escola vessant avall amb un patró de distribució i tipus de flux de molt variades característiques (Nacci, 2001).

Aquests processos d'escorrentia prenen gran importància en l'àrea mediterrània, on les característiques torrencials de les precipitacions, juntament amb la orografia, afavoreixen les pèrdues d'aigua per escorrentia superficial i, com a conseqüència, l'erosió del sòl en superfície.

### 3.2.4 Drenatge

El drenatge d'un sòl expressa la rapidesa amb què s'elimina l'aigua en relació amb les aportacions. La capacitat de drenatge pot estar condicionada per la textura, estructura, permeabilitat, capacitat d'emmagatzematge d'aigua, posició geomorfològica i evapotranspiració (Porta et al., 2003). Un drenatge insuficient del sòl, ja sigui causat per les seves característiques físiques o bé per la presència d'una capa freàtica a poca profunditat, pot donar lloc a processos de reducció, causats per la manca d'oxigen derivada d'un entollament del sòl més o menys permanent. Aquestes condicions són poc favorables per a la majoria de cultius.

## 3.3 NECESSITATS HÍDRIQUES I EFECTES DEL DÈFICIT HÍDRIC EN LA VINYA

### 3.3.1 Necessitats hídriques

La vinya és una planta que té unes necessitats d'aigua relativament baixes per al seu desenvolupament: s'estima que necessita transpirar 280-300 litres per a formar un quilogram de matèria seca, necessitat inferior a les d'altres cultius herbacis i llenyosos mediterranis, i només comparables amb les de l'olivera (Hidalgo, 2002). A més a més la vinya té un potent sistema radicular que aprofundeix en el sòl i un gran poder de succió de les seves arrels, amb la qual cosa és capaç d'ajustar-se en certa mesura a un subministrament limitat d'aigua (Doorenbos i Kassam, 1979).

Segons Hsiao (1993), en els cultius en general, els dèficits hídrics a l'inici del desenvolupament vegetatiu afecten el creixement final de la planta i la quantitat i mida dels fruits. Un cop la coberta vegetal ja és completa, els dèficits només poden provocar lleugeres pèrdues de rendiment. En general, quan hi ha dèficits hídrics, la reducció de l'índex de collita i el rendiment sol ser més important que la reducció de la biomassa total. No obstant, l'estrès lleuger abans i durant la floració poden fer afavorir el repartiment d'assimilats cap als cossos reproductius i promoure el desenvolupament dels fruits formats en les flors més joves, en algunes espècies. El resultat és la maduració precoç, com a mínim, d'una part dels fruits.

En el cas del cultiu de la vinya, les necessitats hídriques en cada període de creixement del cultiu, i l'efecte d'un possible estrès hídric sobre aquest creixement, es resumeixen a continuació:

#### 3.3.1.1 PERÍODE 1: Repòs hivernal

En el període de repòs hivernal, la planta no té en principi requeriments d'aigua, ja que es troba en estat d'inactivitat. No obstant això, alguns autors afirmen que aproximadament un 2% del consum hídric anual es dona en aquest període (Hidalgo, 2002).

### **3.3.1.2 PERÍODE 2: De la brotació al quallat**

#### **Creixement vegetatiu:**

Per a una bona producció de fruit en el mateix any i en els següents, és important un bon creixement vegetatiu durant aquesta primera part del període de desenvolupament i, per tant, es considera poc convenient el dèficit d'aigua quan es dona el creixement dels brots laterals. No obstant, els dèficits hídrics excessius en la època de brotació a quallat no són freqüents, ja que les temperatures encara no són prou elevades i el sòl conté reserves d'aigua de l'hivern ([Doorenbos i Kassam, 1979](#)).

L'allargament de les tiges és especialment sensible als dèficits d'aigua. El creixement i el nombre de brots es veu disminuït en condicions d'estrès hídric. Si es produeix bruscament una penúria d'aigua, el creixement s'atura i es produeix el marciment i la mort; si la penúria d'aigua es desenvolupa de forma gradual, el creixement de la vinya s'ajusta disminuint el creixement dels brots, amb la conseqüència d'una menor producció i una maduració anticipada ([Prichard i Verdegaal, 2001](#)).

En l'altre extrem, l'entollament produeix manca d'oxigen, brots curts, esgrogueïment de les fulles i mort. Un excés d'aigua durant la fase de creixement, més tard retardarà el verol i per tant l'inici de la maduració, de manera que aquesta es veurà escurçada ([Hidalgo, 2002](#)).

El reduït desenvolupament de la part aèria pot comportar una àrea foliar reduïda, que pot ser insuficient per a desenvolupar i madurar el fruit en situacions de baix vigor. Per contra, quan el vigor de la vinya proveeix una coberta vegetal adient per a suportar la càrrega del cultiu, pot ser desitjable un cert estrès per a controlar l'excés de vegetació ([Prichard i Verdegaal, 2001](#)).

#### **Floració:**

En el període de la brotació al quallat, és quan es forma pràcticament el dosser foliar de la planta, però també es dona la floració i la fecundació dels futurs fruits. Abans i durant la floració, és necessari un subministrament adequat d'aigua per al desenvolupament de les flors.

Els dèficits d'aigua durant aquest temps retarden el desenvolupament de les flors mentre que un dèficit rigorós d'aigua redueix el quallat i la mida dels fruits ([Hidalgo, 2002](#)). Les necessitats nutritives de la vinya són elevades durant aquest període i durant el període subsegüent de creixement dels fruits, per tant, cal tenir en compte que en condicions d'excés d'aigua es podria produir un llixiviament de nutrients que podria afectar negativament el cultiu ([Doorenbos i Kassam, 1979](#)).

### **3.3.1.3 PERÍODE 3: Del quallat al verol**

En aquest període, el cultiu és menys sensible a l'estrès hídric que durant el període de creixement dels brots; no obstant, després de la floració, el consum d'aigua creix fortament i la falta d'aigua entre quallat i verol té conseqüències importants en el desenvolupament del fullatge i en la collita. L'estrès

sever pot arribar a retardar la maduració. A més, la primera renovació d'arrels succeeix en aquest període i es pot veure inhibida tant per sequera com per entollament ([Hidalgo, 2002](#)).

El que provoquen els dèficits d'aigua durant aquest període és una reducció de la mida dels fruits, que no pot compensar-se amb un reg posterior, ja que el procés que es veu afectat per la manca d'aigua a l'inici de la formació del fruit, quan té lloc la multiplicació de les cèl·lules. En aquesta primera fase de formació, que dura entre 40 i 60 dies, el creixement dels raïms progressa molt ràpid. En la fase posterior al verol, es completarà el creixement del raïm per mitjà del creixement cel·lular. Per tant, els dèficits d'aigua abans o immediatament després d'iniciar-se la maduració (verol) afecten més la mida dels fruits, ja que determinen el volum final de cèl·lules de cada fruit i, per tant, la seva mida potencial; en canvi, dèficits hídrics posteriors tan sols poden afectar la mida de les cèl·lules ([Doorenbos i Kassam, 1979](#); [Prichard i Verdegaal, 2001](#)).

Un excés d'humitat en la època de floració dona lloc a un excés de vigor que pot causar deficiències en el quallat dels fruits, provocant el fenomen anomenat brimat (avortament de les flors o de les baies acabades de formar que en provoca una caiguda anormal) ([Hidalgo, 2002](#)).

#### **3.3.1.4 PERÍODE 4: Del verol a la collita**

La qualitat del raïm, dins d'una mateixa varietat, es determina durant el període de maduració, que s'inicia amb la parada de creixement coincident amb el verol (canvi de color del fruit). Les condicions en què es desenvolupa l'activitat fotosintètica durant el període de maduració i, conseqüentment, la seva duració, determinen la qualitat del raïm ([Hidalgo, 2002](#)).

Un dèficit rigorós d'aigua dona lloc a que s'arruguin els fruits en totes les etapes de formació de la collita i de maduració, observant-se en primer lloc l'existència de fruits immadurs en qualsevol raïm. Aquest arrugat de la fruita desapareix normalment després d'una pluja o d'un reg. La dessecació completa es limita als fruits més petits (aproximadament menors de 4 mm de diàmetre). Quan el cultiu està sotmès a dèficits severos d'aigua, després d'iniciar-se la maduració dels fruits, aquesta es retarda i els fruits poden fins i tot no arribar a assolir la plena maduresa. Un lleuger dèficit d'aigua durant el període de maduració pot accelerar-la, augmentant al mateix temps la concentració de suc ([Doorenbos i Kassam, 1979](#)).

Els dèficits hídrics més severos, durant el període de verol a collita, poden tenir com a conseqüència la senescència de les fulles interiors i inferiors, permetent una major entrada de llum al fruit, però amb risc d'avançar l'agostament de les tiges. Poden donar-se algunes pèrdues de fulles en la zona del fruit sense que hi hagi una significativa reducció de l'acumulació de sucre, però els dèficits excessius poden causar defoliació, la qual pot comportar cremades o un augment de la temperatura dels fruits, causant una reducció de la seva qualitat ([Prichard i Verdegaal, 2001](#)).



Per contra, un excés d'humitat passat el verol augmenta la mida dels grans, però els fa aquosos, pobres en sucre i més rics en àcids, retrogradant, per dir-ho així, la seva maduració ([Hidalgo, 2002](#)).

Paral·lelament a la formació dels fruits, en els climes temperats, a finals d'estiu o la tardor té lloc la formació dels borrons florals que s'obriran a l'estació següent. Una lleugera deficiència d'aigua, juntament amb insolació i temperatures elevades, es considera que és el més favorable per a la formació dels borrons florals. Un estiu sec i un rendiment relativament reduït sembla ser més avantatjós per a la formació de borrons florals que un estiu humit i un gran rendiment ([Doorenbos i Kassam, 1979](#)).

#### **3.3.1.5 PERÍODE 5: De la collita a la caiguda de fulles**

Després d'haver madurat el fruit, i especialment després de la recol·lecció, les vinyes s'ajusten a un subministrament limitat d'aigua. Normalment no es produeix nou creixement, però les fulles es mantenen i el procés d'agostament dels sarments té lloc encara que el contingut d'aigua en el sòl sigui reduït. També es produeix una segona renovació de les arrels.

Un dèficit hídric en aquest període pot restringir el creixement radicular. Aquest fet pot comportar deficiències nutricionals al principi del creixement vegetatiu l'any següent, ja que l'acceleració de la caiguda de les fulles pot reduir les reserves en carbohidrats i nitrogen en les parts perennes ([Prichard i Verdegaal, 2001](#)).

La sequera també resulta delicada en varietats de taula de recol·lecció tardana en les quals els raïms es mantenen en els ceps setmanes o mesos més enllà de la data habitual de recol·lecció ([Doorenbos i Kassam, 1979](#); [Hidalgo, 2002](#)).

L'excés d'aigua després de la collita, en àrees més fredes, pot augmentar els danys per baixes temperatures en la fusta ([Prichard i Verdegaal, 2001](#)).

### **3.3.2 Efectes del dèficit hídric**

#### **3.3.2.1 Efecte sobre el rendiment**

Els resultats sobre l'efecte dels dèficits hídrics en el rendiment són variats. Resultats de Califòrnia i Austràlia indiquen que les varietats blanques (Chenin blanc, Thompson i Chardonnay) maximitzen el rendiment prop del 60-70% del consum d'aigua potencial de la vinya. En varietats negres, els dèficits hídrics al mateix nivell han mostrat un lleuger descens en el rendiment (3-19%) respecte el rendiment amb consum d'aigua potencial. A més a més, aquestes reduccions del rendiment generalment requereixen dèficits moderats durant dos anys consecutius abans de mostrar aquestes reduccions de rendiment. Els dèficits hídrics, com s'ha dit abans, poden reduir la producció reduint la mida del fruit. Els dèficits severos poden reduir el rendiment en la subsegüent estació com a resultat d'una reduïda

inducció floral. Les disminucions de rendiment en les varietats negres han estat associades amb un increment de la qualitat del fruit pel que fa a color i soluts (Prichard i Verdegaal, 2001).

### **3.3.2.2 Efecte sobre la composició del fruit**

La qualitat potencial del vi està majoritàriament determinada per la composició del fruit. Els dèficits hídrics moderats poden incrementar la taxa d'acumulació de sucres donant com a resultat una collita més primerenca. Si els dèficits són severos i/o la vinya té un excés de càrrega productiva, l'acumulació de sucres generalment s'alenteix, donant com a resultat una collita més tardana. Els increments finals de sucres venen donats en gran part per la deshidratació del gra més que no pas per la producció de sucre. El resultat és un fruit amb un balanç de soluts pobre i una qualitat potencial del vi reduïda. Respecte a l'acidesa total, els dèficits hídrics provoquen tan sols reduccions moderades; no obstant, l'àcid màlic és propens a disminuir més aviat amb dèficits hídrics primerencs. Amb una disminució de l'àcid màlic, l'efecte més important dels dèficits en el fruit és un increment de la proporció d'àcid tartàric respecte l'àcid màlic. L'acidesa del most mesurada en pH també es pot veure reduïda pels dèficits hídrics (Prichard i Verdegaal, 2001).

## **3.4 PARTICULARITATS DEL CULTIU DE LA VINYA EN LA ZONA D'ESTUDI**

L'àrea vitícola de l'Alt Penedès i l'Anoia, en la que es porta a terme aquest estudi, és una zona amb una gran tradició en el cultiu de la vinya, especialment per a l'elaboració de vi i cava, englobada dins de la denominació d'origen Penedès. Com a àrea tradicionalment basada en l'activitat agrícola, aquesta és un clar exemple de les transformacions de l'agricultura durant les últimes dècades. A la zona de l'Alt Penedès i sud de l'Anoia, la vinya ocupa unes 27.000 hectàrees, de les quals aproximadament un 50% són parcel·les que han sofert aquest tipus de transformacions (Nacci, 2001).

Amb els sistemes de cultiu tradicionals, les vinyes eren plantades seguint les corbes de nivell, generalment amb terrasses suportades per murs de pedra i en petites parcel·les generalment envoltades per terrasses de desguàs (localment anomenades rases). En els darrers 10-20 anys, degut a l'escassetat de mà d'obra, i amb l'objectiu d'incrementar els coeficients cost/benefici, les pràctiques culturals han esdevingut més mecanitzades, amb noves plantacions dominades per la formació en emparat de la vinya, que comporta la necessitat de plantar en fileres llargues i rectes separades més de dos metres, per tal de facilitar la mecanització de la majoria d'operacions, inclosa la collita (Pla i Nacci, 2001).

Aquesta transformació ha requerit importants moviments de terra per tal d'aconseguir parcel·les grans i amb pendents suaus, que en moltes ocasions suposen talls de més de dos metres d'alçada. Aquests moviments de terra, realitzats sense decapatge, no tan sols han suposat canvis en el paisatge de les terres de vinya, sinó que causen canvis irreversibles a les característiques dels sòls i del seu règim hidrològic natural, i donen lloc a sòls cultivats amb gruixos irregulars, que fan que es vegin

modificades les condicions d'infiltració d'aigua. Els continguts d'humitat del sòl, en conseqüència, també poden diferir, afectant d'aquesta manera el desenvolupament del cultiu. (Nacci, 2001).

Els projectes de transformació esmentats no han manifestat, en la majoria dels casos, una preocupació per la necessitat de la conservació del recurs sòl, conseqüent amb la sostenibilitat dels seus usos. Les transformacions han implicat el redisseny de les parcel·les, amb els canvis esmentats sobre les propietats dels sòls, però a més també han comportat la desaparició de la majoria de les mesures de conservació, com les tradicionals terrasses que evitaven recorreguts llargs de l'aigua d'escorrentia, la qual cosa ha afavorit la intensificació dels processos d'erosió hídrica (Jiménez-Delgado *et al.*, 2003).

### 3.5 TREBALLS REALITZATS EN EL MATEIX ÀMBIT

Aquest projecte s'emmarca dins d'una de les línies d'investigació del grup de recerca "Medi ambient: sòls, aigües i residus orgànics", dins del Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl de la UdL. En aquesta línia d'investigació, centrada en l'estudi de l'erosió i conservació de sòls i aigües, s'han realitzat nombrosos estudis relacionats amb el tema del present treball, en la zona d'estudi i en altres zones de Catalunya. Molts dels estudis portats a terme en la zona de l'Alt Penedès – Anoia es centren en la caracterització i control dels processos erosius (Nacci, 2001; Anton, 2001; Martínez-Casasnovas *et al.*, 2002; Nacci *et al.*, 2002; Martínez-Casasnovas *et al.*, 2003; Martínez-Casasnovas *et al.*, 2005).

Altres estudis centrats en la variació de la humitat del sòl han estat els següents:

Famiglietti *et al.* (1998), van estudiar la variabilitat de la humitat en els primers 5 cm de sòl en un transecte al llarg d'un vessant, de clima humit-subtropical i amb sòls argilosos, per mitjà de mesures gravimètriques diàries cada 10 m del transecte, durant 7 mesos. Els resultats indiquen que existeix una variabilitat significativa en el contingut d'aigua al llarg del transecte, que la variabilitat decreix com més decreix la humitat mitjana, i que els factors dominants sobre la variabilitat del contingut d'aigua depenen de les condicions d'humitat del vessant: sota condicions humides, la variabilitat de la humitat en superfície es troba més fortament influïda per la porositat i la conductivitat hidràulica, i sota condicions de sequera, es correlaciona més amb l'elevació relativa, la orientació i el contingut d'argila.

Martínez-Mena *et al.* (2001) van estudiar la resposta hidrològica i erosiva a la pluja en parcel·les experimentals d'una zona semiàrida, al sud-est d'Espanya. El tipus de sòls estudiat són Torriorthent xèric i Calcigipsid xèric (SSS, 1998). Es van obtenir uns coeficients d'escorrentia del 9%; uns llindars d'escolament molt baixos (valors mitjans entre 3,5 i 5,9 mm), i es va considerar pluja erosiva aquella d'intensitat major de 15 mm/h.

Hupet i Vanclooster (2002) van estudiar el contingut d'aigua en un sòl francollimós, ben drenat i amb molt poc pendent, de 0 a 125 cm, durant 2 mesos, en un clima moderadament humit. Van trobar una correlació inversa entre la variabilitat i el grau d'humitat (a més sec, més variable). Durant el període vegetatiu la variabilitat incrementa en els primers 50 cm, influïda pel consum d'aigua del cultiu. No es va observar una estructura espacial significativa en la distribució de l'aigua, i això es va atribuir a que l'àrea d'estudi és petita, sense relleu i amb vegetació uniforme

Ridolfi *et al.* (2003), van modelitzar el contingut d'aigua en el sòl al llarg d'un vessant sota dos règims d'humitat: el règim humit es caracteritza per la presència d'interval·ls en els quals la humitat del sòl és suficientment alta com per a generar fluxos d'aigua laterals significatius (no saturats), de manera que la topografia té molta influència sobre la distribució de la humitat en el perfil. Per altra banda, en el règim sec els interval·ls amb valors alts d'humitat són escassos o bé massa curts, de manera que els efectes de la topografia són negligibles.

Llorens *et al.* (2003), van estudiar la dinàmica en el temps i en l'espai de la humitat del sòl en una àrea de muntanya, prenent mesures amb TDR setmanalment, en 10 perfils, de 0 a 80 cm de profunditat, de gener de 2002 a març de 2003. Les conclusions principals a què van arribar són:

- La posició topogràfica i el tipus de coberta vegetal són els principals factors que controlen els patrons d'humitat del sòl.
- La variabilitat espacial de la humitat entre perfils és mínima en condicions de sequera i de saturació, registrant-se les màximes diferències en condicions intermèdies.
- Els perfils més secs es troben sota bosc, mentre que els més humits es troben en les zones interiors de les terrasses.

Martínez Fernández *et al.* (2003), van estudiar l'estabilitat temporal de la humitat edàfica sota diferents condicions ambientals i d'ús del sòl, durant els anys 2002 i 2003, en tres conques a la zona del Duero. Els resultats obtinguts van concloure que:

- Analitzat globalment, el contingut d'aigua presenta una elevada estabilitat temporal al llarg de totes les sèries. El període de màxima estabilitat, en termes de mínima variança, coincideix amb el de menor contingut d'humitat en el sòl. Els períodes de menor estabilitat coincideixen amb estats d'humitat transitoris, immediatament anteriors i posteriors a l'època estival.
- S'observa un comportament diferent entre les conques en relació amb l'ús del sòl de cada una: la conca de bosc dens és la més estable; en les conques de devesa i cultius la heterogeneïtat deguda a l'ús del sòl és major i es manifesta en un comportament molt més complex en termes d'estabilitat temporal.

[Van Wesemael \(2003\)](#), va estudiar el contrast en les estratègies de conservació d'aigua entre les plantacions d'ametller tradicionals i les modernes en el sud-est d'Espanya. Les conclusions a què va arribar són que les tècniques de cultiu tradicionals de secà es basen en una densitat de plantació molt baixa i en sòls adequats, amb propietats de retenció i redistribució lateral de la humitat del sòl, de manera que els cultius de secà disposen de reserves d'aigua. En contrast, els monocultius mecanitzats tenen una densitat molt més elevada, i les propietats de retenció d'aigua dels sòls no són tingudes tan en compte, de manera que l'estratègia bàsica per assegurar la disponibilitat d'aigua per als cultius és una llaurada contínua, que talla l'evaporació i crea una capa humida per sota de la capa de conreu.

[Svetlitchnyi et al. \(2003\)](#), van estudiar la distribució espacial de la humitat en els primers 50 cm de sòl, arribant a la conclusió que el paper del relleu en la seva distribució espacial és molt important, però no obstant, no hi ha claredat suficient en aquest aspecte encara avui dia. El principal obstacle per a aquest tipus d'estudi és el fet que les mesures de camp del contingut d'aigua en el sòl en termes de la seva dinàmica espacial són tasques molt consumidores de feina, i aquestes mesures de camp no s'inclouen en els programes d'observació de les estacions meteorològiques i hidrològiques, i tenen un caràcter irregular. En conseqüència, hi ha un problema amb la interpretació de quantitats limitades d'aquestes dades. A més a més, no hi ha dades disponibles durant un llarg període de temps.



## 4 MATERIALS I MÈTODES

### 4.1 DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI

#### 4.1.1 Localització

L'àrea d'estudi es troba al terme municipal de Masquefa, a la comarca de l'Anoia (Barcelona). La finca experimental, anomenada Mas Bernic, comprèn una superfície total d'unes 60 hectàrees, i es troba situada en les coordenades UTM X: 400.500, Y: 4.593.259 (segons plànol topogràfic 1:5.000). L'altitud mitjana de la finca és de 238 m. La seva situació es pot veure en la Figura 1 i Figura 2.



Figura 1. Plànol de situació de la finca experimental, al municipi de Masquefa (elaboració pròpia a partir de mapa 1:50.000 del ICC).

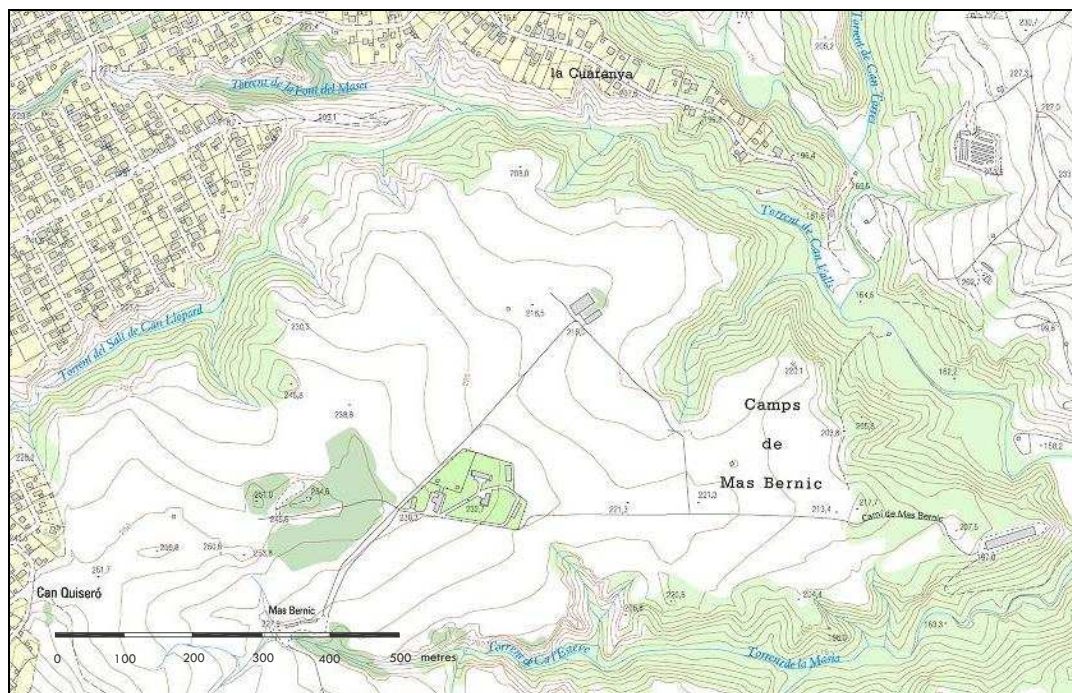


Figura 2. Plànol topogràfic de la finca experimental Mas Bernic (font: topografia a escala 1:5.000 del ICC).

#### 4.1.2 Clima

El clima de la zona de l'Alt Penedès i l'Anoia és típicament mediterrani, propi del Litoral i Pre-Litoral català, amb una temperatura mitjana anual de 15°C (Nacci, 2001). La temperatura màxima mitjana (al juliol) és de 27,8°C i la mínima mitjana (al gener) és de 2,6°C. Les gelades no són massa freqüents a l'hivern, i no revesteixen gran importància en no assolir temperatures excessivament baixes. Aquestes es poden produir entre principis de novembre i finals d'abril, tot i que en alguns indrets s'han produït danys a les vinyes per glaçades tardanes, acompanyades de vents freds.

La precipitació mitjana anual en la zona es troba sobre els 500-550 mm. La mitjana anual a Vilafranca del Penedès en una sèrie de 100 anys és de 527,8 mm. No obstant, existeix una important variabilitat temporal i espacial de les pluges: s'arriba a màxims de l'ordre dels 900 mm/any i mínims d'aproximadament 400 mm/any (Ramos, 2001).

La Taula 1 mostra les dades estadístiques de precipitació a l'estació meteorològica de Vilafranca del Penedès (UTM X:391.612, Y:4.578.191, altitud 200 m). Aquesta és l'estació més propera a la zona d'estudi que disposa d'una sèrie climàtica de 100 anys.

Taula 1. Valors estadístics de precipitació a l'estació meteorològica de Vilafranca del Penedès, anys 1889-1999.  
(Ramos, 2001)

	Prec. (mm)	Desv. St.	Perc. 0,1	Perc. 0,25	Perc. 0,5	Perc. 0,75	Perc. 0,9	Perc. 0,95
Gener	32,72	35,57	1	6,25	22	45,35	76	102,1
Febrer	28,46	32,54	1,5	7,25	18	36,5	59,4	90,55
Març	40,97	32,56	6,5	14,75	36,5	55,3	86	101,8
Abril	42,64	33,60	9	19,25	34	56,15	80	104,75
Maig	52,92	41,30	8,4	27,45	40	68,55	115,3	129,5
Juny	39,05	32,38	7,6	14	32	53,85	80,6	118,4
Juliol	20,73	23,67	1	4,8	14	29,6	56	65,75
Agost	37,96	37,70	2	8,6	28	50,05	87,4	112,6
Setembre	65,00	45,56	14	25,05	54	98,8	128,4	141,5
Octubre	66,10	56,48	9,5	21,5	56,4	88,25	128,8	166
Novembre	48,72	40,90	6	15,4	39	70,95	107	128,95
Desembre	44,01	44,13	2	11,25	31,9	60,2	104	137,8
TOTAL	527,87	131,29	346	426,4	512,9	606,3	685	

La variabilitat interanual de la pluja a la zona és molt elevada. És freqüent observar la persistència d'anys amb sequeres de diferent durada, junt a altres anys de major volum pluviomètric. És a dir, l'existència d'anys molt contrastats com a característica d'aquest clima, posa en entredit el costum generalitzat d'anomenar com a any normal pluviomètric aquells en què el total anual és de l'ordre del seu valor mig. Un altre fet interessant a destacar és el desordre de moltes de les sèries pluviomètriques, en les quals no és estrany que l'any més plujós precedeixi o segueixi un dels més secs (Vicente, 2000).

Aquesta pluja tampoc no es distribueix homogèniament durant l'any, sinó que té un màxim absolut als mesos de setembre - novembre, en què les pluges cauen en forma de tempestes de curta durada i molt localitzades, i un altre màxim relatiu a l'abril - juny. Són aquests mesos els períodes en que el sòl necessitaria un recobriment major per evitar l'impacte directe de les gotes de pluja, que produeixen l'encrostament i l'escolament superficial. D'altra banda també s'han identificat pluges extremes, com la que va tenir lloc al Juny del 2000, en que es van enregistrar 215 mm, 205 mm dels quals van caure en 2 h i 15 min. (Vicente, 2000; Jiménez Delgado *et al.*, 2003).

#### 4.1.3 Geomorfologia

Les comarques Anoia i Alt Penedès s'estenen pel sector meridional de la depressió Vallès-Penedès, limitada per les Serres Litoral i Pre-Litoral. Els materials d'aquesta depressió són d'origen sedimentari, disposats en estrats horitzontals de diferents èpoques i diversos gruixos. Els sediments, procedents de la Serra Pre-Litoral, han donat lloc principalment a lutites, gresos i conglomerats



La configuració actual és producte de canvis climàtics, que han creat un règim erosiu a escala geològica. Aquest règim erosiu té el seu origen en la incisió fluvial, no obstant, actualment es troba influït de manera significativa per l'activitat humana en la zona. La presència de lutites, amb una elevada erosionabilitat, permet que es formin fàcilment barrancs de fins a vàries desenes de metres de profunditat i talussos de fort pendent.

Aquesta xarxa densa d'escorrancs i barrancs és la característica geomorfològica fonamental de la zona. L'origen primari d'aquesta xarxa de drenatge pot ser una alteració del règim de precipitacions o un canvi del nivell de base; actualment, però, la principal causa de la seva progressió és l'activitat humana (Nacci, 2001).

#### 4.1.4 Sòls

Els sòls de la zona es caracteritzen per tenir un epipedió òcric<sup>1</sup>. A més, en nombroses ocasions es donen endopedions amb acumulacions de carbonats, tant en forma de nòduls ( $B_{kn}$ ), com cimentades ( $B_{km}$ ). En alguns casos es troben acumulacions d'argila, per processos d'il·liviació. Així mateix, s'han observat puntualment mobilitzacions de ferro i manganès, que indiquen l'existència de certs períodes de temps en els quals es troba saturat (Nacci, 2001).

Segons la mateixa autora, predominen els sòls desenvolupats sobre lutites que donen classes texturals franco-llimoses o franco-argiloses, amb baixa capacitat d'infiltració i baixa permeabilitat. En alguns casos el sòl es presenta truncat, és a dir, ha perdut l'horitzó superficial a causa de l'erosió.

Per tant, l'horitzó superficial dels sòls en la zona es caracteritza pel seu baix contingut en matèria orgànica (entre 0,95% i 1,65%, en sòls cultivats), per un alt contingut en llims (35 - 45%) i per la seva alta susceptibilitat a la formació de crosta superficial.

#### 4.1.5 Usos del sòl

L'Alt Penedès i el sud de l'Anoia formen part d'una zona amb gran tradició agrícola i, especialment, vitivinícola. L'agricultura representa aproximadament un 40% de la superfície d'aquestes comarques, mentre que la mitjana de superfície agrícola a Catalunya és d'un 29% (Anuari Estadístic de Catalunya, 2001).

Segons el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya (DARP, 1999) l'agricultura de la zona és gairebé totalment de secà (representa un 99% de la superfície de

---

<sup>1</sup> Epipedió òcric: Horitzó superficial sense estratificació, de color clar, amb un baix contingut en matèria orgànica, molt dur quan està sec (Soil Survey Staff, 1999).

conreu total). A l'Alt Penedès, el conreu de la vinya l'any 1999 era un 79% del total de la superfície agrícola, essent el cultiu més important, de manera que els altres cultius, com els cereals o la fruita, tenen un paper gairebé testimonial. A l'Anoia el cultiu majoritari són els cereals (72% de la superfície el 1997), seguits per la vinya amb un 11%; no obstant, en la zona sud, tocant a l'Alt Penedès, la vinya també és el cultiu majoritari.

La producció vitícola de les comarques de l'Anoia i l'Alt Penedès (177.021 tones l'any 1999) representa un 88% sobre la producció vitícola de la província de Barcelona, i un 31% de la producció de raïm a Catalunya.

Les varietats blanques més cultivades són Xarel·lo, Macabeu, Parellada i Chardonnay; i les negres són Cabernet Sauvignon, Ull de llebre, Merlot, Garnatxa negra i Carinyena.

#### 4.1.6 Característiques de les parcel·les d'estudi

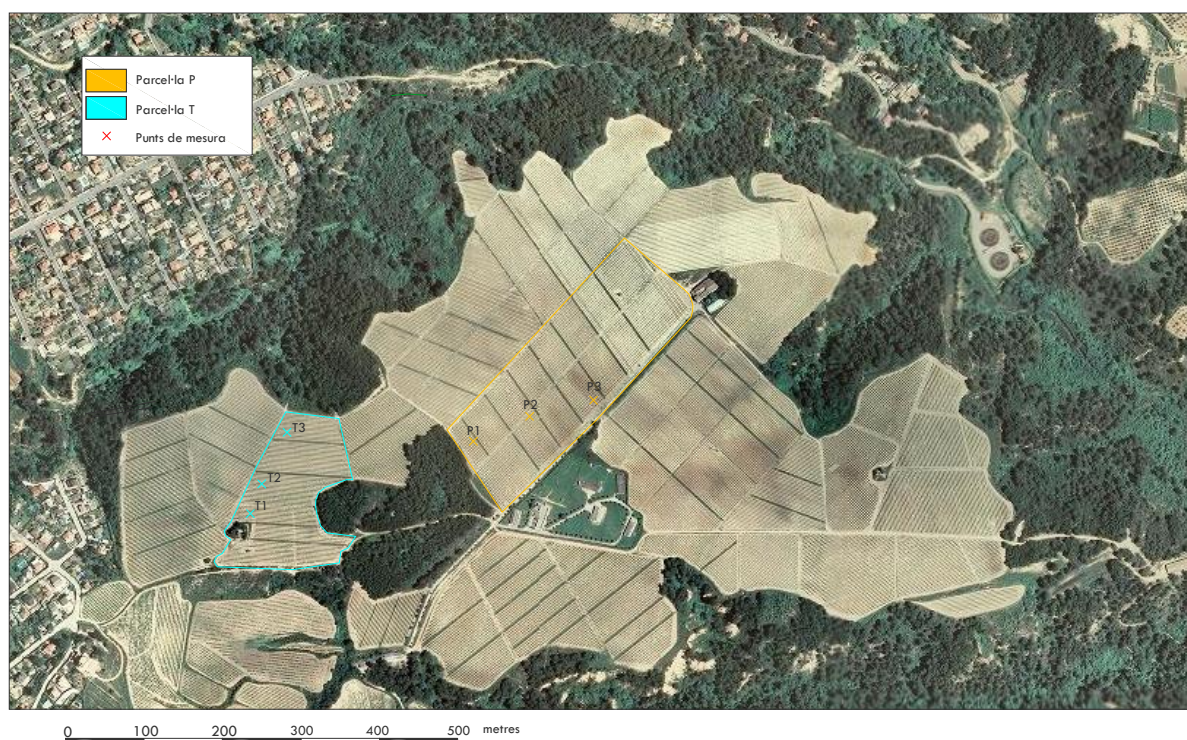


Figura 3. Situació de les parcel·les i dels punts de mesura en la finca experimental Mas Bernich (elaboració pròpia a partir d'ortofoto a escala 1:25.000 del ICC).

L'experiment s'ha realitzat en dues parcel·les de la mateixa finca, que es mostren en la Figura 3. Totes dues parcel·les tenen les següents característiques comunes:

La plantació és de l'any 1991, amb formació en doble cordó. La separació entre fileres és de 3 metres, i entre ceps és de 1,3 metres. El pendent mitjà de les parcel·les de cultiu es troba entre 5-9%.

El sòl només queda cobert durant el període vegetatiu, amb una cobertura aproximada del 30%. El coeficient d'escorrentia oscil·la entre un 30 i un 45%.

Les mesures de conservació de sòls que trobem són la disposició de les fileres perpendicularment al pendent, les terrasses de desguàs, denominades localment “rases” cada 8/9 fileres de vinya i canals de desguàs, per eliminar l'excés d'aigua d'escorrentia. A les parcel·les estudiades tant les rases com els canals estan vegetats, tot i que no és pràctica habitual a la zona, on habitualment es mantenen sense vegetació, de la mateixa manera que els camps.

El maneig de la vinya en aquesta finca és mecanitzat en la seva major part, incloent-hi la collita. L'esporga es l'única feina que es fa de manera manual. Es realitza una llaurada diverses vegades a l'any (a criteri dels propietaris, però almenys 5 vegades de novembre a juny). Els objectius d'aquest treball del sòl són:

- Eliminar les males herbes, que competeixen pels recursos
- Augmentar la infiltració de l'aigua de pluja en el sòl en els períodes de pluges
- Disminuir l'evaporació en les capes inferiors del sòl en els períodes secs
- Forçar les arrels a aprofundir en el sòl (en els 25 cm superiors no hi ha arrels)

Així mateix es fan tractaments fitosanitaris contra fongs i insectes, i adobats amb diferents compostos d'origen químic. En alguna ocasió s'ha aplicat compost al sòl entre fileres alternes.

Per a l'estudi s'ha triat dues parcel·les representatives dels canvis realitzats en el terreny per a la mecanització de la finca:

- **Parcel·la P:** Té una superfície de 4,9 ha, i un pendent mitjà del 6%. El relleu és molt proper a l'original, ja que no ha sofert moviments de terra significatius. Per tant, el sòl conserva les seves característiques originals. Aquest sòl és classificat com a *Calcixerept típic*, segons el sistema de classificació de sòls *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1998), tal com es descriu a Martínez-Casasnovas (1998). Aquest és el tipus de sòl més abundant en la zona (Martínez-Casasnovas et al, 2003). La varietat cultivada és Chardonnay.
- **Parcel·la T:** Té una superfície de 2,4 ha. El pendent mitjà és del 3,5%. Ha sofert una transformació considerable, ja que s'hi han realitzat moviments de terra molt importants per a anivellar el terreny, amb desmunts de 3,5 metres d'alçada; sense mantenir en cap mesura l'estructura original del sòl: no es va realitzar un decapatge previ del sòl i les capes de lutites, abans en profunditat, ara es troben molt properes a la superfície en els punts on el desmunt ha estat més gran. El sòl és classificat com a *Xerortent típic* (Soil Survey Staff, 1998) segons Martínez-Casasnovas (1998). La varietat cultivada és Macabeu.





Figura 4. Imatge de la parcel·la P, amb el relleu original (foto: C. Ramos).



Figura 5. Imatge de la parcel·la T. En segon pla s'observa la magnitud dels desmunts realitzats per modelar el terreny de la finca (foto: C. Ramos).

Cada una de les dues parcel·les té tres punts de mostreig, situats de la següent manera: un punt en la zona més alta del vessant (núm. 1); un punt mig (núm. 2), i un punt en la part inferior del vessant (núm. 3). A la Figura 6 s'indiquen els diferents punts de mostreig.

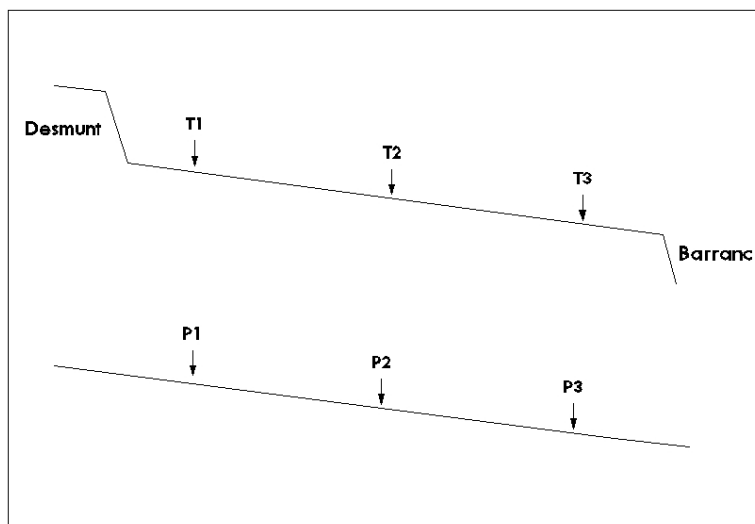


Figura 6. Representació esquemàtica dels punts de mostreig en el pendient

La Taula 2, elaborada per [Nacci \(2001\)](#), a partir de determinacions en camp i laboratori, mostra les característiques de retenció d'humitat i d'infiltració dels sòls en els punts superior i inferior de cada una de les dues parcel·les utilitzades en el present estudi.

Taula 2. Característiques de retenció d'humitat i d'infiltració dels sòls de cada parcel·la (a partir de [Nacci, 2001](#))

Parcel·la	Prof. d'arrelament <sup>(1)</sup> (cm)	Prof. (cm)	Capacitat mitjana de retenció d'aigua a diferents potencials (%) <sup>(2)</sup>			CRAD <sup>(5)</sup> (mm)	Infiltració bàsica <sup>(6)</sup> (mm/dia)
			Saturació	C.C. <sup>(3)</sup>	P.M.P. <sup>(4)</sup>		
P1	60	0-20	39	31	12	39	45
		20-80	43	35	12	135	
P3	60	0-20	46	36	14	45	26
		25-85	42	36	14	132	
T1	45	0-20	37	34	19	29	6
		15-60	38	34	18	73	
T3	60	0-20	47	36	14	43	26
		15-75	41	36	17	114	

<sup>(1)</sup> Profunditat a què es troben presents més del 90% de les arrels.

<sup>(2)</sup> Percentatge expressat com a m<sup>3</sup> aigua / 100 m<sup>3</sup> sòl.

<sup>(3)</sup> Capacitat de camp: humitat retinguda en el sòl després de 48 hores de drenatge lliure.

<sup>(4)</sup> Punt de marcimement permanent: Humitat retinguda en les mostres després de sotmetre-les a -1500 kPa de pressió.

<sup>(5)</sup> Capacitat de retenció d'aigua disponible. CRAD = (CC – PMP) · prof.

<sup>(6)</sup> Valor final de velocitat d'infiltració, mesurada en camp amb el mètode de doble cilindre, quan es van assolir valors aproximadament constants. Es correspon aproximadament amb la conductivitat hidràulica saturada del sòl fins a la profunditat d'humectació (30 a 40 cm segons els casos).

Tal com es pot observar en la taula de propietats del sòl (Taula 2), els punts més baixos del pendent (els número 3) tenen una major capacitat de retenció de l'aigua útil per la planta (la diferència entre el punt de marciment permanent i la capacitat de camp és més gran). Per altra banda, el punt T1 mostra diverses diferències respecte la resta de punts: té una profunditat menor, i el rang entre CC i PMP és el més baix, amb la qual cosa, la CRAD també és acusadament més baixa que en els altres punts estudiats.

## 4.2 OBTENCIÓ DE LES DADES CLIMÀTIQUES

Les estacions meteorològiques d'on s'han obtingut dades climàtiques per a aquest projecte són les següents:

Taula 3. Taula resum de les estacions meteorològiques consultades.

Estació	Coordenades <sup>(1)</sup>			Dades obtingudes
	X	Y	Z	
Mas Bernic	401.494	4.593.234	197	Pluja
Hostalets de Pierola <sup>(2)</sup>	400.665	4.598.601	316	Pluja, ET <sub>0</sub>
La Granada <sup>(2)</sup>	393.755	4.580.390	240	ET <sub>0</sub>

<sup>(1)</sup> UTM 31N/ED50. A partir del Servei de Meteorologia de Catalunya (excepte a Mas Bernic: a partir de topogràfic 1:5.000).

<sup>(2)</sup> Estació Meteorològica Automàtica pertanyent al Servei de Meteorologia de Catalunya.

### 4.2.1 Registres de pluja

Els registres de pluja s'han pres de l'estació meteorològica d'Els Hostalets de Pierola, pertanyent al Servei Meteorològic de Catalunya.

Aquests registres s'han contrastat i completat (quan mancaven dades) amb les dades de l'estació meteorològica situada en la pròpia finca, proveïda d'un pluviòmetre amb un enregistrator automàtic que pren dades en intervals d'un minut. No s'han utilitzat les dades de la finca per a tot l'estudi a causa de la manca de continuïtat en aquestes, i de que no estan contrastades oficialment.

La dada obtinguda ha estat la precipitació, en mil·límetres (mm), en intervals semihoraris. A partir d'aquesta, s'han calculat les quantitats de pluja acumulades en 24 hores, i s'han obtingut els valors d'intensitat mitjana i I<sub>30</sub> de cada tempesta, en mil·límetres per hora (mm/h).

- La intensitat mitjana s'ha calculat mitjançant l'equació:  $I_{mitjana} = \text{Precipitació (mm)} / \text{Temps (h)}$
- S'ha considerat com a I<sub>30</sub> d'una tempesta la intensitat màxima caiguda en 30 minuts, referida a una hora. Es consideren tempestes els períodes de pluges separats per 1 hora sense precipitació.

S'ha definit episodi de precipitació com el conjunt de dies amb pluges continuades amb intermitències menors de 24 hores.

Per tal de descriure les pluges, s'ha emprat el criteri de classificació especificat en el manual d'estil publicat pel [Servei Meteorològic de Catalunya \(2008\)](#). Aquest defineix la següent classificació per a l'acumulació de pluges en 24 hores:

- Minsa: quantitats de fins a 5 mm en 24 hores.
- Poc abundant: quantitats superiors a 5 mm i de fins a 20 mm en 24 hores.
- Abundant: quantitats superiors a 20 mm i de fins a 50 mm en 24 hores.
- Molt abundant: quantitats superiors a 50 mm i de fins a 100 mm en 24 hores.
- Extremadament abundant: quantitats superiors a 100 mm en 24 hores.

Pel que fa a les intensitats, el Servei Meteorològic de Catalunya defineix categories de pluja a partir de les quantitats de precipitació recollides en 30 minuts:

- Pluja d'intensitat feble: quantitats inferiors a 3 mm en 30 minuts (menys de 6 mm/h). Aquest valor llindar coincideix amb el valor mínim d'infiltració bàsica en la parcel·la T.
- Pluja d'intensitat moderada: quantitats entre 3 mm i 20 mm en 30 minuts (entre 6 i 40 mm/h). El valor mínim d'infiltració bàsica en la parcel·la P (26 mm/h) es troba en aquesta categoria.
- Pluja d'intensitat forta: quantitats superiors a 20 mm i fins a 40 mm en 30 minuts (entre 40 i 80 mm/h).
- Pluja d'intensitat torrencial: quantitats superiors a 40 mm en 30 minuts (més de 80 mm/h).

Per tal de quantificar el nombre de dies humits, s'ha pres el criteri de [Klein Tank i Können \(2003\)](#), el qual defineix:

- Dies moderadament humits: són aquells que superen els 10 mm de pluja en 24 hores.
- Dies molt humits: són aquells que superen els 28,5 mm de pluja en 24 hores.

#### **4.2.2 Registres d'evapotranspiració de referència ( $ET_0$ )**

Les dades d'evapotranspiració de referència són proporcionades per les estacions de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya, del Servei Meteorològic de Catalunya. Aquestes són calculades a

partir de diverses variables meteorològiques preses en l'estació mitjançant l'equació de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Els registres utilitzats en el present treball s'han pres de la mateixa estació d'Els Hostalets de Pierola. No obstant, degut a la manca d'algunes dades en les sèries d'aquesta estació, s'han contrastat aquestes amb l'estació meteorològica més propera amb disposició de mesurar aquesta dada. L'estació consultada ha estat la de La Granada, pertanyent a la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya. Les seves coordenades i altitud s'han especificat a la Taula 3.

Els valors d'evapotranspiració no disponibles en l'estació de Els Hostalets de Pierola s'han extrapolat mitjançant el càlcul de la corba de regressió obtinguda amb les dades de les dues estacions (situant les dades d'Hostalets de Pierola en l'eix d'abscisses i les de La Granada en l'eix d'ordenades). La funció de la corba és  $y = 0,9587 \cdot x^{1,0087}$ , amb un coeficient  $R^2$  de 0,9219. Mitjançant aquesta equació s'han calculat els valors que mancaven.

#### 4.3 MESURES DE LA HUMITAT DEL SÒL

La humitat en el sòl s'ha mesurat mitjançant una sonda TDR de tub TRIME-T3, amb un aparell de registre TRIME FM-7545 (IMKO, Alemanya), que proporciona mesures del contingut volumètric d'aigua. Es tracta d'una sonda portàtil, per tant no es troba permanentment instal·lada en el sòl, sinó que s'hi introdueix manualment a l'hora de fer les mesures.

Aquesta sonda ha de ser precalibrada abans que pugui donar resultats adequats. La calibració s'ha de fer en tots els aparells nous i cada vegada que es canvia la sonda o l'aparell registrador. La sonda utilitzada havia estat calibrada per Nacci (2001) mitjançant la correlació de mesures gravimètriques de la humitat del sòl en mostres preses l'any 1999 amb valors obtinguts per la sonda en els mateixos punts i el mateix moment. Per al present treball, la sonda es va calibrar mitjançant un equip de calibració amb el mètode explicat a continuació:

##### 4.3.1 Calibració de la sonda TDR

Per a la calibració de la sonda TDR es van preparar dos cubells per tal de realitzar dues mesures: una en sec i una en un medi saturat d'aigua. El medi utilitzat són microesferes de vidre, de 0,45 mm de diàmetre.

Per a la mesura en sec, es va omplir un dels cubells amb les microesferes fins a una alçada que cobrís la sonda totalment. Es va inserir en el centre del cubell un tub d'accés per a la sonda, i posteriorment es va copejar lleugerament el cubell contra el terra per tal d'aconseguir una densitat constant del medi.

Per a la mesura en medi saturat, es va haver de fer un rentat previ de les microesferes, ja que el material amb què aquestes estan formades provoca una reacció química separant  $\text{Na}_2\text{O}$  i  $\text{K}_2\text{O}$ , la qual



cosa causa un augment del pH i de la conductivitat elèctrica. Per tal d'evitar aquesta font d'error mesures, es rentaren les microesferes en un cubell més gran, amb aigua de l'aixeta, cinc vegades.

Les microesferes rentades es van posar en el cubell de mesura, i aquest es va omplir d'aigua, tot homogeneïtzant-lo amb lleugers cops amb el terra, fins que la làmina d'aigua va quedar uns 2 mil·límetres per sobre de les microesferes. Després es va introduir al cubell el tub d'accés de la sonda.

El càlcul per a la calibració es va fer automàticament mitjançant un connector de calibració adaptat a l'aparell de registre. Aquest calibrador, connectat després d'encendre l'aparell, mostra el valor de referència de la mesura en sec. En aquest moment es va realitzar la mesura d'humitat en el cubell sec. A continuació l'aparell mostra el valor de referència per a la mesura en saturació. Es va realitzar la mesura en el cubell humit. Posteriorment, es va desconnectar l'adaptador de calibració, i es realitzaren altre cop les mesures per comprovar que es corresponien amb els valors de referència.

#### 4.3.2 Realització de les mesures en camp

Per tal de realitzar les mesures, es troben instal·lats en el camp, en cada un dels punts d'estudi, uns tubs de fibra de vidre d'un metre de llargada i 42 mm de diàmetre interior, enterrats verticalment fins a la fondària d'un metre o, en la majoria de casos, en què el sòl té menys profunditat, fins a entrar en contacte amb el material subjacent. Aquests tubs, buits i correctament tapats, permeten introduir-hi la sonda de tub per fer les mesures d'humitat a intervals de profunditat de 20 cm. En no destruir el sòl, han permès repetir el mostreig sempre en el mateix punt.



Figura 7. Ubicació dels tubs per a la sonda TDR en les fileres de vinya (foto: C. Ramos).



Figura 8. Mesura de la humitat del sòl amb la sonda TDR (foto: C. Ramos).

La configuració de la sonda TDR, amb un volum de mesura el·líptic, (representat en la Figura 9) permet obtenir un valor més representatiu fent diverses mesures rotant la sonda dins del mateix tub.

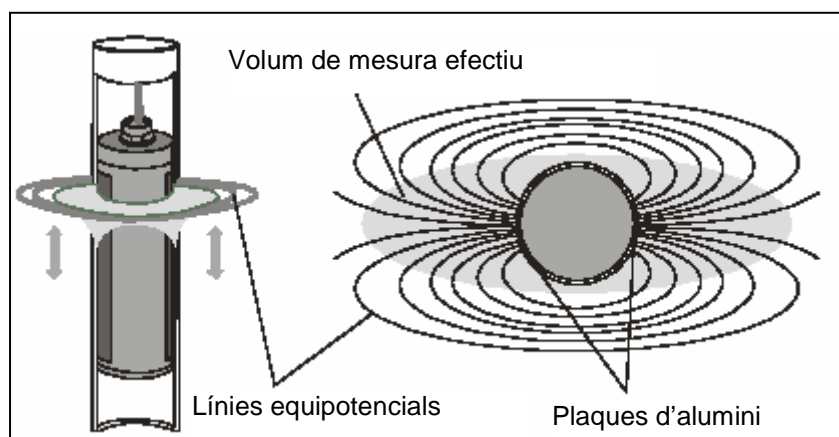


Figura 9. Distribució del camp elèctric de la sonda TRIME i volum aproximat de mesura (IMKO, 2004).

El mostreig s'ha realitzat, per a cada parcel·la, en tres punts, situats al llarg del pendent tal com mostren els esquemes de la Figura 3 i la Figura 6. Aquests punts s'anomenen P1, P2, P3, T1, T2 i T3.

El sòl en les parcel·les d'estudi presenta força irregularitats degut a la presència de lutites (tant en fragments dispersos en la capa superior del sòl com en capes impermeables per sota de la capa de conreu), que poden fer variar la humitat del sòl en punts propers. Per tal d'assegurar una major fiabilitat de les mesures, en cada punt d'estudi hi ha instal·lats dos tubs de mesura, situats en la mateixa filera de cultiu i amb una separació d'entre 3 i 5 metres. En el punt T1 hi ha instal·lats tres tubs, ja que és un punt on el sòl presenta especial irregularitat.

A més, s'ha aprofitat la propietat de la sonda TDR abans esmentada (veure Figura 9), per realitzar en cada tub dues mesures amb orientacions perpendiculars entre si, per tal d'obtenir-ne el valor mitjà.

En cada tub les mesures s'han fet a les següents profunditats: de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm i de 40 a 60 cm.

En resum, per a cada una de les dues parcel·les, hi ha tres punts d'estudi, amb dos tubs de mesura, en cada un dels quals es realitzen dues mesures a cada profunditat (en total són quatre mesures per punt a cada una de les tres profunditats).

Taula 4. Esquema dels punts de mesura d'humitat.

PUNT	TUB	ROTACIÓ TDR	PUNT	TUB	ROTACIÓ TDR
P1	A	0°	T1	A	0°
		90°			90°
	B	0°		B	0°
		90°			90°
P2	A	0°		C	0°
		90°			90°
	B	0°	T2	A	0°
		90°			90°
P3	A	0°		B	0°
		90°			90°
	B	0°	T3	A	0°
		90°			90°
				B	0°
					90°

Les mesures d'humitat del sòl han estat realitzades amb una freqüència aproximada d'una per mes (amb dates variables en funció de la climatologia i les possibilitats d'entrar al camp), durant un període experimental amb una durada de tres anys, de 2002 a 2004, que engloba tres cicles vegetatius complets de la vinya.

Un cop obtinguts els valors d'humitat per a cada un dels punts i les repeticions (en m<sup>3</sup> d'aigua per 100 m<sup>3</sup> de sòl), s'han descartat aquells resultats que eren clarament diferents dels valors habituals (s'ha pres com a llindar de tolerància una diferència més gran del 30% respecte a la mitjana del les dues repeticions en un mateix punt). Amb els resultats obtinguts s'han calculat els valors mitjans, amb els quals s'ha treballat.

#### 4.4 DETERMINACIÓ DE LES NECESSITATS HÍDRIQUES DE LA VINYA

L'estimació de les necessitats hídriques de la vinya s'ha realitzat per mitjà del càlcul de la evapotranspiració del cultiu. Aquesta, és el resultat de multiplicar l'evapotranspiració de referència (ET<sub>o</sub>), valor que depèn diversos factors climàtics, per un coeficient de cultiu (k<sub>c</sub>), que varia en funció de l'espècie vegetal i del grau de desenvolupament d'aquesta. Per tant, el coeficient k<sub>c</sub> és variable al llarg de l'any.

Existeixen diverses funcions per a calcular l'evapotranspiració de referència, en funció de la disponibilitat de dades climàtiques. En el present treball, s'han utilitzat valors horaris de ET<sub>o</sub> proporcionats pel Servei de Meteorologia de Catalunya. Aquestes dades són calculades pel mètode de Penman-Monteith, proposat per la FAO a [Allen et al. \(1998\)](#).

Pel que fa al coeficient  $k_c$ , es poden trobar diverses referències en les quals els valors proposats per cada autor difereixen entre si. Alguns dels criteris emprats són els següents:

1. El criteri emprat per la FAO ([Allen et al., 1998](#)) assigna un valor a  $k_c$  per a cada període. La durada dels períodes, adaptada a la climatologia local, és la que es mostra en la Figura 10. En aquesta figura es mostren els valors de  $K_c$  al llarg d'un any i per a la zona d'estudi, segons [Allen et al. \(1998\)](#).

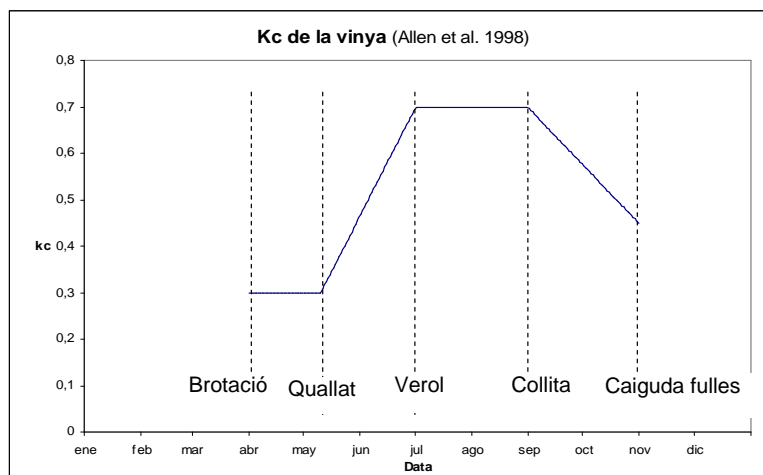


Figura 10. Coeficient de cultiu ( $K_c$ ) al llarg de l'any en el cultiu de vinya per a vi (Allen et al., 1998).

2. Segons [Hidalgo \(2002\)](#), els percentatges sobre l'evapotranspiració anual per a cada període del cicle vegetatiu són:
  - 2% durant el repòs hivernal
  - 10% entre la brotaçió i el quallat
  - 43% entre el quallat i el verol
  - 45% entre el verol i la caiguda de fulles
3. Segons [Cuevas et al. \(1999\)](#), la distribució de l'evapotranspiració (en percentatge sobre l'evapotranspiració total anual) per a ceps de la varietat Ull de llebre de 7 anys d'edat, és la següent:
  - De 13,3% a 18,1% entre la brotaçió i la quallat
  - De 42,6% a 54,1% entre la quallat i el verol
  - De 16,3% a 29% entre el verol i la collita
  - De 9,1% a 15,5% entre la collita i la caiguda de fulles

Els valors donats en percentatges en aquests estudis tenen una aplicació generalment localitzada en una zona concreta i per a varietats i condicions de cultiu determinades. En absència de dades específiques pel que fa a les necessitats hídriques de la vinya en les varietats i les condicions de cultiu en les parcel·les d'estudi, a l'hora de fer la valoració de les necessitats hídriques de la vinya en la finca d'estudi s'ha optat per utilitzar la primera referència esmentada, és a dir, la de [Allen et al. \(1998\)](#) emprada per la FAO, ja que dona uns valors àmpliament acceptats i utilitzats en molts treballs d'investigació.

Per tal de comparar les dades, s'ha dividit els tres anys estudiats segons els diferents períodes del cicle vegetatiu de la vinya. La divisió en aquests períodes s'ha determinat prenent com a referència el criteri emprat per la majoria d'autors ([Doorenbos i Kassam, 1979](#); [Hidalgo, 2002](#); [Cuevas et al., 1999](#)), i s'han adaptat a la climatologia de la zona. Així doncs, els períodes emprats per a l'estudi són els següents:

Taula 5: Resum de períodes per dates.

PERÍODE		2002		2003		2004	
		INICI	FINAL	INICI	FINAL	INICI	FINAL
1	Repòs hivernal	01/01	31/03	01/01	31/03	01/01	31/03
2	De la brotació al quallat	01/04	10/05	01/04	10/05	01/04	10/05
3	Del quallat al verol	11/05	30/06	11/05	30/06	11/05	30/06
4	Del verol a la collita	01/07	31/08	01/07	30/08	01/07	30/08
5	De la collita a la caiguda de fulles	01/09	31/10	31/08	31/10	31/08	31/10
6	Repòs hivernal	01/11	31/12	01/11	31/12	01/11	31/12

#### 4.5 CÀLCUL DEL BALANÇ HÍDRIC

Per a tenir un element amb què comparar les necessitats hídriques, s'ha modelitzat un balanç hídric en els punts P1, P3, T1 i T3, ja que són els punts dels quals es coneix les propietats hidrològiques i la producció de raïm en els tres anys d'estudi.

Per a calcular el balanç hídric s'han utilitzat les següents dades de partida:

- Dades climàtiques: precipitació semihorària, evapotranspiració potencial diària (ET<sub>o</sub>), pel mètode Penman-Monteith.
- Dades del sòl i el cultiu: infiltració bàsica i CRAD (extrets de [Nacci, 2001](#)), kc de la vinya

Els càlculs realitzats han estat els següents:

1. Càlcul de la precipitació efectiva: es fa per a cada valor semihorari i cada parcel·la. Si la precipitació excedeix la infiltració bàsica, se li assigna aquest valor; si no l'excedeix, se li assigna el valor de la precipitació. Es sumen totes les dades d'un mateix mes per a obtenir la precipitació mensual.
2. Càlcul de l'evapotranspiració del cultiu: es multiplica la  $ET_o$  diària per la  $k_c$ , i se sumen els valors del mateix mes per a obtenir  $ET_c$  mensual. És el mateix valor per a totes les parcel·les.
3. Càlcul de  $P_{\text{efectiva}} - ET_c$ , per a cada parcel·la. Quan aquesta resta és positiva, es considera estació humida; i quan és negativa, estació seca.
4. Càlcul de la reserva (R): s'inicia l'últim mes de l'any en què  $P_{\text{efectiva}} - ET_c < 0$  (fi de l'estació seca). En aquest mes, la reserva és 0. En els mesos posteriors:  $R = R_{\text{mes anterior}} + (P_{\text{efectiva}} - ET_c)_{\text{mes calculat}}$ . El valor màxim que pot assolir la reserva és el de la CRAD.
5. Càlcul de la variació de la reserva (VR): és la diferència entre la reserva del mes calculat i la del mes anterior.
6. Càlcul de l'evapotranspiració real (ETR): a l'estació seca,  $ETR = P_{\text{efectiva}} - VR$ . A l'estació humida, ETR és igual a  $ET_c$ .
7. Càlcul del dèficit o excés: el dèficit és el resultat de  $ET_c - ETR$ , mentre que l'excés es calcula com  $(P_{\text{efectiva}} - ET_c) - VR$ .

#### 4.6 OBTENCIÓ DE LES DADES DE PRODUCCIÓ

Les dades de producció s'han obtingut prenent una mostra de 10 ceps per cada punt estudiat. En el moment de la collita, s'ha mesurat la producció total de raïm en cada un dels ceps i se n'ha calculat el valor mitjà, obtenint d'aquesta manera el valor de producció per cep (kg/cep) en els diferents punts.

Aquestes dades han estat transformades a valors en kg/ha, per tal de ser comparades amb els valors mitjans de producció per comarques i denominacions d'origen, obtinguts en les Estadístiques Agrícoles de la Generalitat de Catalunya ([DARP, 1999](#)).

## **5 RESULTATS I DISCUSSIÓ**

A continuació es presenten els resultats obtinguts, dividits per períodes, en relació amb la precipitació i la humitat del sòl, així com les relacions que es poden establir entre aquests dos paràmetres i les necessitats del cultiu. Per altra banda, també es presenten dades de producció de raïm per a dos dels anys.

Per tal de representar els resultats, s'ha anomenat els períodes amb un codi d'estructura 0-00, on la primera xifra indica el número del període (de 1 a 6) i la segona xifra indica l'any d'estudi (de 02 a 04).

### **5.1 PRECIPITACIÓ**

La precipitació total durant l'any 2002 va ser de 694,4 mm. Aquest valor correspon a un any entre humit i molt humit (valor similar al percentil 90 de la mitjana: veure Taula 1), segons [Ramos \(2001\)](#), amb una precipitació lleugerament superior a la mitjana anual de la zona.

Durant l'any 2003 la precipitació total va ser de 495,6 mm; valor que es pot considerar com d'un any normal-sec (entre el percentil 25 i el 50), segons [Ramos \(2001\)](#).

Durant l'any 2004 la precipitació total va ser de 527,2 mm, per la qual cosa es pot qualificar com un any entre normal-humit i humit (entre els percentils 50 i 75 segons [Ramos, 2001](#)).

En les figures 11 a 13 i les taules 6 a 8 es mostren aquests resultats.

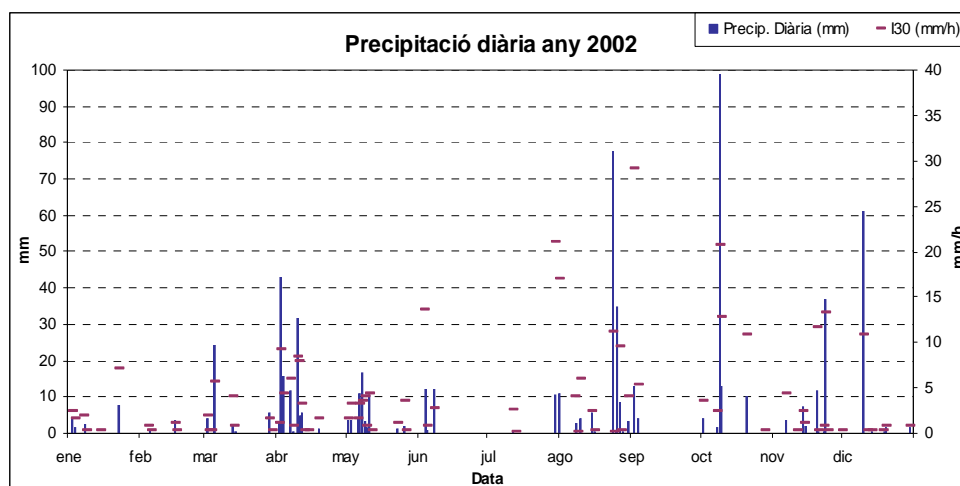


Figura 11. Precipitació diària (mm) i I30 (mm/h) de l'any 2002 a l'estació de Els Hostalets de Pierola.

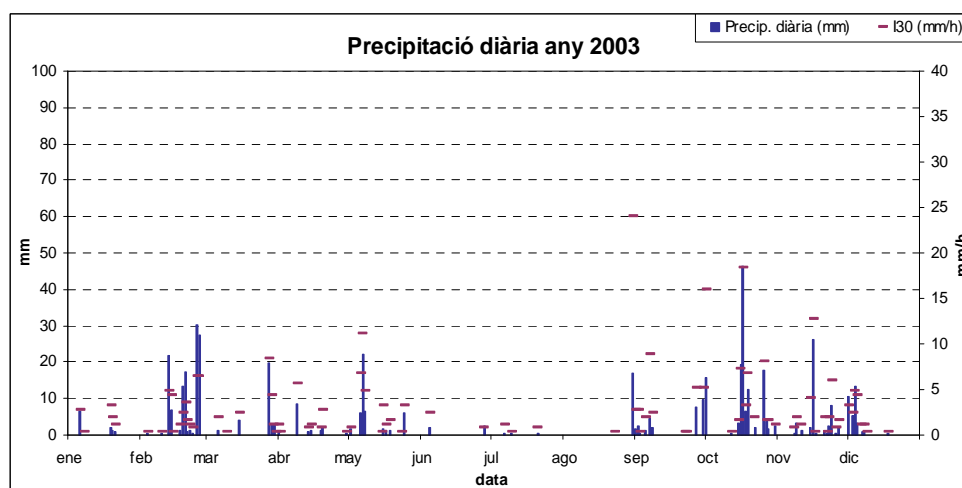


Figura 12. Precipitació diària (mm) i I30 (mm/h) de l'any 2003 a l'estació de Els Hostalets de Pierola.

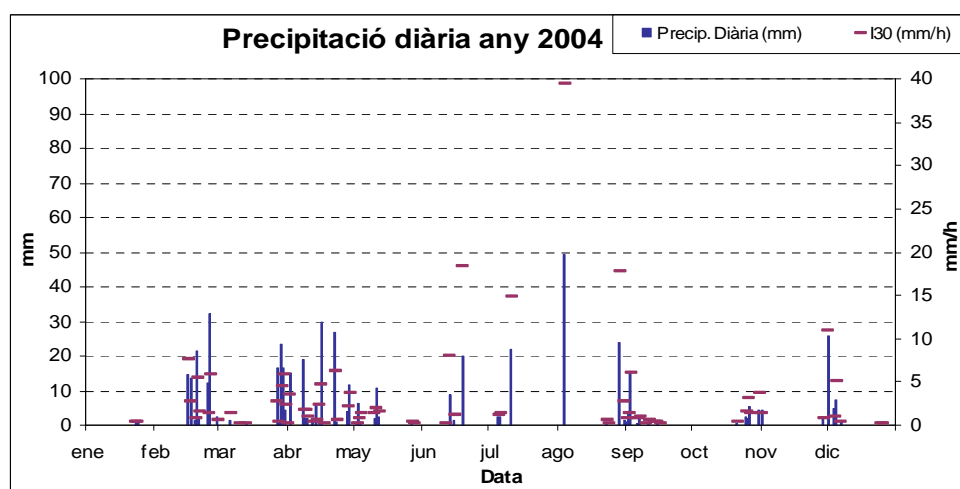


Figura 13. Precipitació diària (mm) i I30 (mm/h) de l'any 2004 a l'estació de Els Hostalets de Pierola.



Taula 6: Caracterització de les precipitacions l'any 2002, per períodes.

Període	Episodis	Dies de pluja	Pr. Tot. (mm)	Núm. de dies		P màx. en 24 h	Num. Pluges amb I <sub>30</sub>		
				Moder. Humits	Molt humits		Moderada (20<l<40 mm/h)	Forta (40<l<80 mm/h)	Torrencial (l>80 mm/h)
1	9	18	59	1	0	24,2	1	0	0
2	7	18	161,8	3	1	43	2	0	0
3	5	8	39,4	2	0	12,2	1	0	0
4	6	14	160,6	1	2	77,6	3	1	0
5	6	8	145	2	1	98,8	4	0	0
6	11	16	128,6	1	2	61	3	0	0

Taula 7: Caracterització de les precipitacions l'any 2003, per períodes.

Període	Episodis	Dies de pluja	Pr. Tot. (mm)	Núm. de dies		P màx. en 24 h	Num. Pluges amb I <sub>30</sub>		
				Moder. Humits	Molt humits		Moderada (20<l<40 mm/h)	Forta (40<l<80 mm/h)	Torrencial (l>80 mm/h)
1	12	25	165	5	1	30,2	3	0	0
2	7	11	51,8	1	0	22,2	0	0	0
3	5	8	15,4	0	0	6	0	0	0
4	4	4	1,6	0	0	17	0	0	0
5	11	23	178,4	5	1	46,4	1	0	0
6	9	20	83,4	3	0	26,4	1	0	0

Taula 8: Caracterització de les precipitacions l'any 2004, per períodes.

Període	Episodis	Dies de pluja	Pr. Tot. (mm)	Núm. de dies		P màx. en 24 h	Num. Pluges amb I <sub>30</sub>		
				Moder. Humits	Molt humits		Moderada (20<l<40 mm/h)	Forta (40<l<80 mm/h)	Torrencial (l>80 mm/h)
1	17	31	165,2	7	1	32,2	1	0	0
2	4	8	129,0	4	1	29,6	1	0	0
3	5	8	44,6	2	0	20,0	2	0	0
4	5	7	101,2	2	1	49,4	3	0	0
5	6	17	36,2	1	0	15,8	1	0	0
6	5	7	51,0	1	0	25,8	1	0	0

## 5.1.1 Resum comparatiu de les precipitacions

### 5.1.1.1 Comparació per anys

Per tal de fer una comparació entre les pluges caigudes en cada període durant els dos anys, s'ha realitzat la Taula 9, la Figura 14 i la Figura 15, que mostren les característiques principals de les pluges en els tres anys d'estudi, resumides en els diferents períodes tractats, i comparades amb el valor mitjà en l'estació de Vilafranca del Penedès ([Ramos, 2001](#)).

Taula 9: Resum comparatiu de les pluges dels anys 2002 a 2004, per períodes.

Període	Precipitació (mm)				I <sub>30</sub> (mm/h)		
	2002	2003	2004	Mitjana*	2002	2003	2004
1	59	165	102,2	102,2	1,8	2,5	2,5
2	162	52	205,2	59,7	3,4	3,1	1,8
3	39	15,4	44,2	74,9	3,4	1,6	4,0
4	161	1,6	102,8	58,7	9,3	0,7	10,8
5	132	178,4	39,2	131,1	10,6	4,9	1,4
6	129	83,4	46,8	92,7	3,1	3,7	2,6
TOTAL	682	495,8	540,4	519,3			

\* Precipitació mitjana a l'estació de Vilafranca del Penedès, en una sèrie climàtica de 100 anys ([Ramos, 2001](#)).

Des del punt de vista de les precipitacions, els tres anys d'estudi són molt contrastats.

Segons el [Servei Meteorològic de Catalunya \(2003\)](#), durant els cinc anys precedents al 2002, els valors de la precipitació acumulada anual es van trobar per sota de la mitjana climàtica a moltes comarques catalanes. No obstant, durant l'any 2002, aquesta tendència es va trencar, i les pluges van ser molt abundants a diferents zones del territori. L'any 2003 va tornar a ser un any amb valors de precipitació molt baixos, i el 2004 es podria considerar normal.

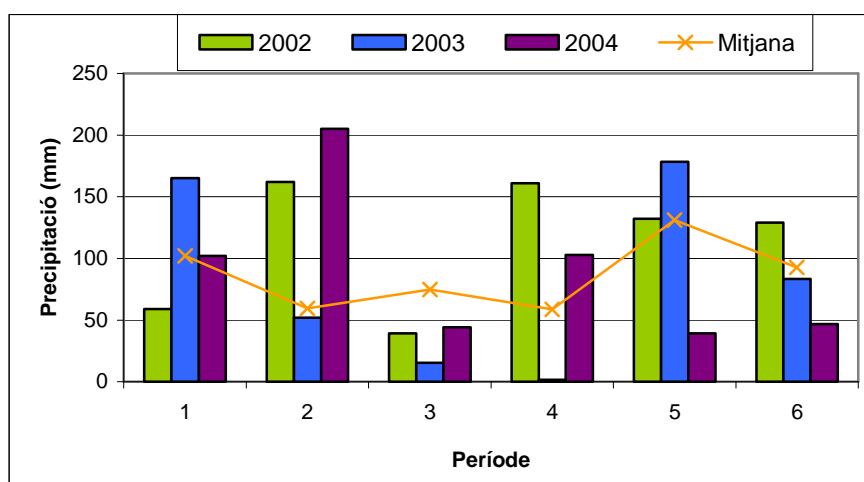


Figura 14. Comparació de les precipitacions per períodes amb la mitjana.

En general, l'any 2002 va ser notablement més humit que el 2003 i el 2004, i que la mitjana. Pel que fa a la distribució de les pluges al llarg de l'any, el gràfic mostra una gran variabilitat: els tres anys presenten diferències importants, i a més cap d'aquests tres anys presenta una distribució similar a la mitjana climàtica.

Es pot observar que l'any 2002, les precipitacions van ser per sobre de la mitjana en tots els períodes, excepte a principi d'any i en l'època del quallat al verol, en què van ser lleugerament menors a la mitjana. L'any 2003, les pluges es van concentrar gairebé exclusivament en els períodes de repòs hivernal i després de la collita. Aquesta distribució seria la que més s'aproxima a la mitjana. Pel que fa a l'any 2004, la majoria de pluges es va donar a principi d'any, fins a l'època de quallat, i la resta de l'any va ploure menys quantitat, però de manera més uniforme.

En referència a la precipitació màxima en 24 hores, els valors són molt variables, i es difícil establir cap relació, tant entre els tres anys, com entre els períodes vegetatius en cada any. S'observa que la variabilitat més gran es troba en el període 5, en què s'han registrat valors des de 15,8 mm/dia fins a 98,8 mm/dia. L'any 2002, es van donar valors extrems en els períodes 4 a 6. La precipitació màxima en 24 h es troba per sobre del percentil 99, establert en 64,9 mm per [Ramos i Martínez-Casasnovas \(2006a\)](#), per a la tardor, en l'estació de Vilafranca del Penedès.

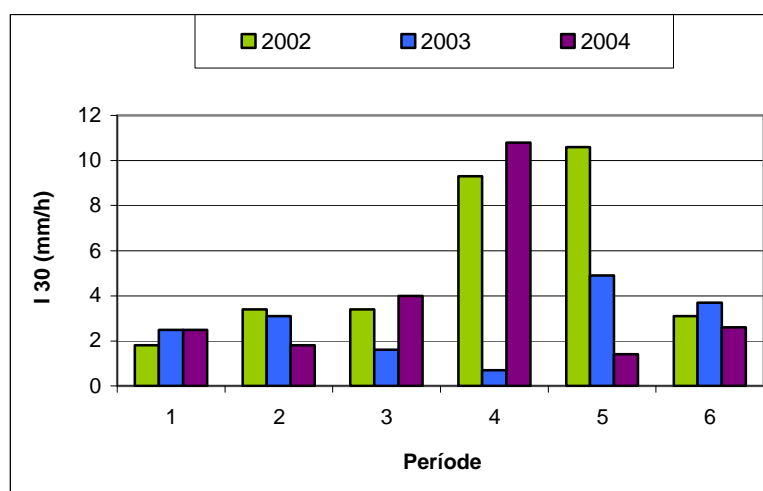


Figura 15. Comparació de les intensitats (I30) per períodes.

Pel que fa a les intensitats de pluja, la Figura 15 mostra que, en general, hi ha menys variabilitat que en la quantitat de precipitació. Així, es pot observar una tendència a que les pluges de l'hivern i la primavera siguin d'intensitats més baixes, mentre que a finals d'estiu i la tardor, les intensitats siguin més elevades. Els tres anys es van comportar de manera similar, excepte en els períodes 4 i 5 (del verol a la caiguda de fulles). En aquests dos períodes, l'any 2002 es van donar les intensitats més altes; el 2003, la intensitat va ser similar a la de la resta de l'any i, per últim, l'any 2004 hi va haver pluges molt intenses durant el període de verol a collita (període 4), mentre que al període 5 es van donar les intensitats més baixes de tot l'any.

Segons [Martínez Mena \*et al.\* \(2001\)](#), les intensitats registrades es troben per sota del llindar de pluges erosives, establert per ells en una  $I_{30} = 15 \text{ mm h}^{-1}$  en una zona de condicions climàtiques i edàfiques similars.

#### 5.1.1.2 Comparació per períodes

**Període 1 – Repòs hivernal:** En comparació amb el mateix període dels anys anteriors, el 2002 va ser el més sec, i el 2003 el més humit. El 2004, però, les pluges van estar més repartides en més episodis i van ser més intenses.

**Període 2 – De la brotació al quallat:** Si comparem el mateix període durant els tres anys, l'any 2004 va ser el més humit, i el 2003 el més sec. Les intensitats de les pluges van ser baixes en general durant els tres anys.

**Període 3 – Del quallat al verol:** La pluja caiguda durant aquest període va ser de característiques molt similars els anys 2002 i 2004. En canvi, el període 3-03, en comparació, va ser molt més humit i les intensitats de les precipitacions van ser molt més baixes.

**Període 4 – Del verol a la collita:** Dels tres anys estudiats, el 2003 va ser extremadament sec, comparat amb els altres dos. Tant en el 2002 com en el 2004 es van donar intensitats de pluja fortes (de les més fortes de l'any).

**Període 5 – De la collita a la caiguda de fulles:** Tant la quantitat de precipitació com les intensitats en aquest període van ser molt més baixes el 2004 que en els dos anys anteriors. Els anys 2002 i 2003 la quantitat total va ser similar, tot i que l'any 2002 les pluges van concentrar-se en molt pocs dies i van tenir intensitats més altes.

**Període 6 – Repòs hivernal:** Pel que fa a aquest darrer període de l'any, el 2004 va ser el més sec i el que va tenir una tempesta d'intensitat més alta. El 2002 va caure la quantitat més gran d'aigua.

### 5.1.1.3 Comparació segons precipitació acumulada

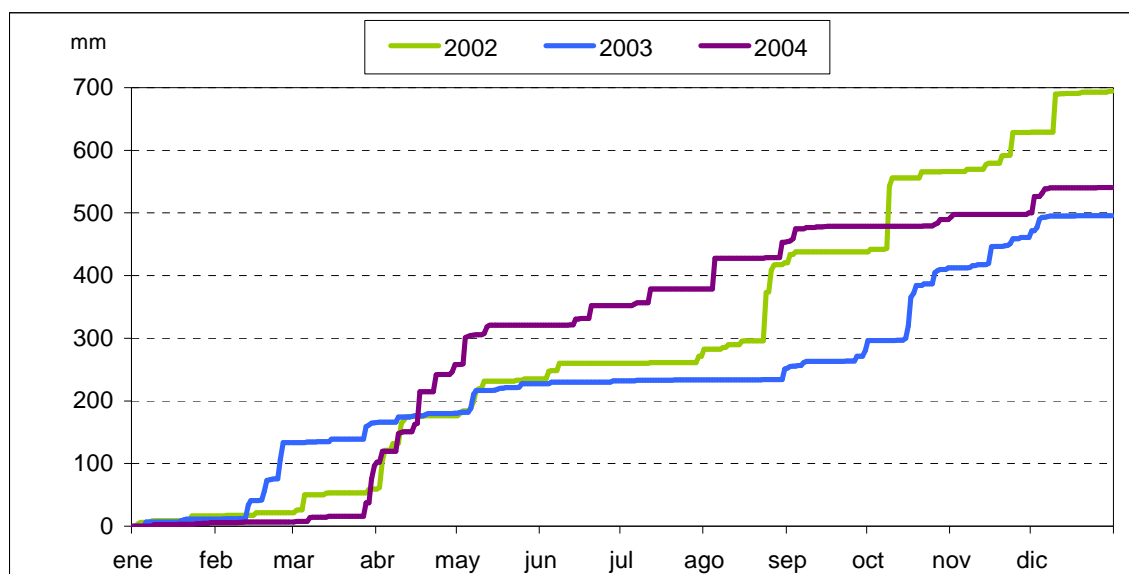


Figura 16. Precipitació acumulada anual de 2002 a 2004 a l'estació meteorològica de Els Hostalets de Pierola.

Els gràfics de precipitació anual acumulada també mostren una variabilitat important en els tres anys.

L'any 2002 va ser sensiblement més humit que la resta, concentrant la major part de les pluges en tres moments, corresponents aproximadament a l'inici de la brotació, al moment de collita i al final del període d'activitat. El període de pluges més important, i que diferencia aquest any de la resta, va ser el de finals d'agost, corresponents a l'època de collita.

L'any 2003 va ser el més sec, amb pluges importants al febrer, abans de l'inici del període d'activitat de la vinya, i pluges durant tota la tardor, força repartides en el temps. La resta de l'any, la precipitació va ser molt escassa.

Finalment, l'any 2004, la quantitat de pluja total va ser similar a 2003. No obstant, aquesta es va repartir principalment en el període de brotació a quallat, concentrant més de la meitat de la precipitació anual en dos mesos. La resta, es va distribuir regularment durant tot l'any, inclòs l'estiu, amb nombroses pluges de poca quantitat. No es va donar un pic de pluges a la tardor.

Fent incidència en la distribució de les pluges, l'any 2004, aproximadament un 70% de la precipitació anual es va donar en la primera meitat de l'any. En canvi, els anys 2002 i 2003, les pluges es van distribuir equitativament a primavera i tardor (aproximadament 50% i 50% en cada semestre), sense precipitacions apreciables durant l'estiu.

Branas, Bernon i Levadoux (citats per [Hidalgo, 2002](#)), calculen que la vinya requereix un mínim de 195 mm de precipitació en els mesos d'abril, maig, juny, juliol i agost, mesos que consideren fonamentals per a les necessitats hídriques de la vinya. Segons aquest criteri, l'any 2002 no hi va

haver pluja suficient per a satisfer aquestes necessitats mínimes, mentre que els anys 2002 i 2004 les precipitacions van ser suficientment abundants durant els mesos esmentats. En l'apartat 5.4 es discuteix aquesta dada en comparació amb les dades de producció obtingudes.

## 5.2 HUMITAT DEL SÒL

En aquest apartat es mostren i analitzen els resultats obtinguts en les mesures de la humitat dels sòls per a cada parcel·la i any, a les tres diferents profunditats d'estudi. El resultat obtingut amb la mesura de la sonda TDR està expressat en  $\text{m}^3$  d'aigua /  $100 \text{ m}^3$  de sòl.

Per tal d'analitzar aquests resultats s'han realitzat gràfics comparant les pluges amb les mesures realitzades de la humitat del sòl, representades per punts.

El fet que les mesures d'humitat s'hagin pres en intervals d'un mes aproximadament permet conèixer a grans trets l'evolució de la humitat al sòl, tot i que no permet apreciar cada un dels canvis originats per cada episodi de pluges. Per a conèixer la variació real de l'aigua en el sòl s'hauria de disposar de mesures contínues, preses almenys amb una freqüència diària, però això no resulta factible en l'estudi realitzat perquè és una feina molt intensiva en mà d'obra, per a la qual caldria d'automatitzar el sistema de presa de dades. A més, l'objectiu de l'estudi no és conèixer la variació d'humitat en cada moment, sinó tenir una idea global de la seva distribució espacial i evolució davant de les diferents situacions climàtiques que es poden donar al llarg de l'any.

Així mateix, s'han realitzat perfils d'humitat del sòl en les diferents profunditats per a cada una de les dates de mesura. En aquests gràfics, les línies que marquen saturació, capacitat de camp i punt de marcim permanent representen els valors mitjans de la parcel·la, tot i que en realitat existeixen lleugeres variacions en funció de la posició en el vessant i de la profunditat en el perfil (veure Taula 2). Per tant, tenen un valor únicament orientatiu.



## 5.2.1 Resultats any 2002

### 5.2.1.1 Parcel·la P

La Figura 17 mostra l'evolució de la humitat del sòl al llarg de l'any 2002 en la parcel·la P, en cada posició de la parcel·la i per a les tres profunditats analitzades.

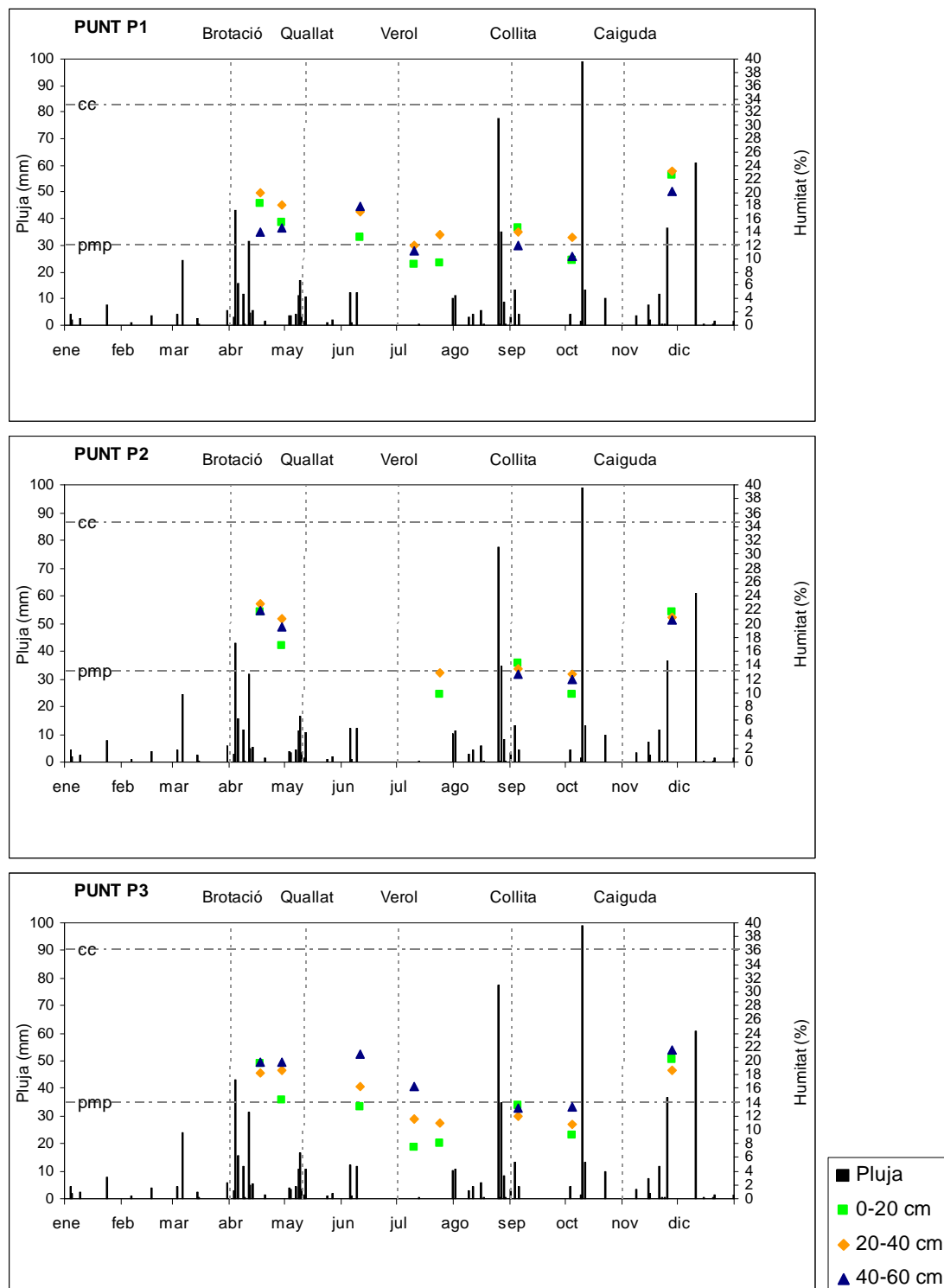


Figura 17. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la P en els tres punts d'estudi, l'any 2002.

### PERÍODE 2-02 Brotació a quallat

Durant aquest període hi va haver pluges i, no obstant, a P1, el contingut d'aigua va disminuir, de 0 a 40 cm, probablement a causa del consum d'aigua per part del cultiu. A més profunditat va augmentar lleugerament.

A P2, en general, el contingut d'aigua va ser lleugerament més alt que a P1. La capa intermèdia també va ser la que va tenir més aigua en tot moment. El contingut d'aigua va disminuir en totes les profunditats, tot i que de 40 a 60 cm ho va fer de manera molt lleu.

A P3, inicialment, la humitat també era força uniforme en tot el perfil, com a P2, i el contingut d'aigua molt similar al punt P1, excepte en profunditat, on P1 era molt més sec. Amb el pas del temps, el contingut d'aigua es va mantenir igual en la franja més profunda, però en superfície hi va haver una disminució considerable.

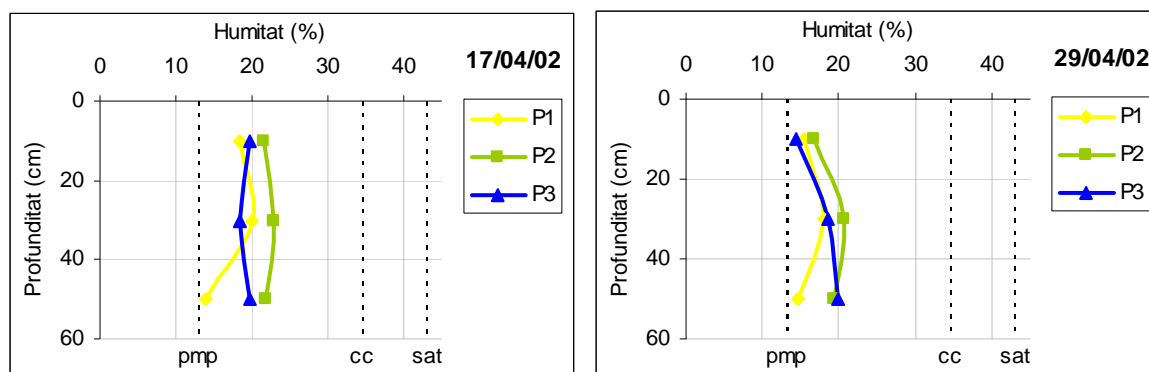


Figura 18. Perfils d'humitat en el període 2-02 a la parcel·la P.

En general, les pluges al final del període no van resultar suficients per a augmentar la humitat del sòl, si de cas van ajudar a que es mantingués. Per altra banda, tampoc no hi va haver consum per part de la planta. En el punt més elevat de la parcel·la (P1), el contingut d'aigua va ser inferior als altres, però també va ser el punt on aquesta va patir menys variació.

### PERÍODE 3-02 Quallat a verol

A P1, en les capes superiors el contingut d'aigua va disminuir lleugerament, mentre que en la part més profunda va augmentar de manera considerable. Durant la segona meitat del període, en què no es van produir més pluges des de principis de juny, la humitat va disminuir ràpidament.

A P3 el contingut d'aigua es va mantenir estable mentre hi va haver pluges, tot i que en profunditat va tenir tendència a augmentar lleugerament i en les dues capes superiors a disminuir. En la segona meitat del període, la humitat va disminuir uniformement. La seva distribució en les diferents profunditats va ser molt més baixa en superfície que en profunditat.

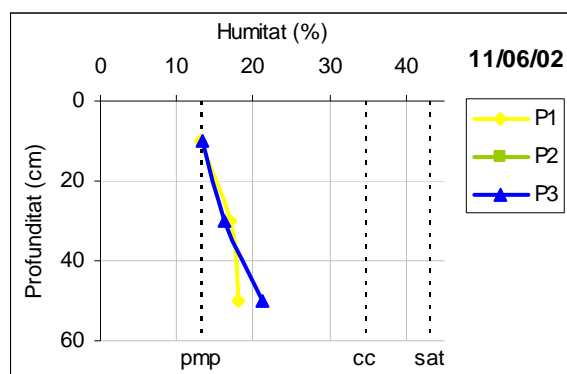


Figura 19. Perfils d'humitat en el període 3-02 a la parcel·la P.

### PERÍODE 4-02 Verol a collita

A P1, al principi del període el contingut d'aigua va continuar disminuint, arribant a uns nivells mínims força baixos, especialment en superfície. Al final del període hi va haver pluges força constants, algunes amb quantitats importants, que van permetre que, tot i l'elevada evapotranspiració dels mesos d'estiu, la humitat augmentés. Aquest augment va ser més acusat en superfície i fins a 40 cm, que en profunditat. La intensitat elevada de les pluges d'estiu podria ser la causa, ja que va ser superior a la capacitat d'infiltració del sòl, de manera que no tota l'aigua caiguda hauria pogut infiltrar, produint-se pèrdues per escorrentia superficial.

No es disposa de dades per a P2 en la primera mesura, però en la segona mesura es pot observar que la distribució de la humitat és molt similar a la del punt P1.

A P3 el comportament també va ser igual que en els altres dos punts, però les variacions van ser més acusades.

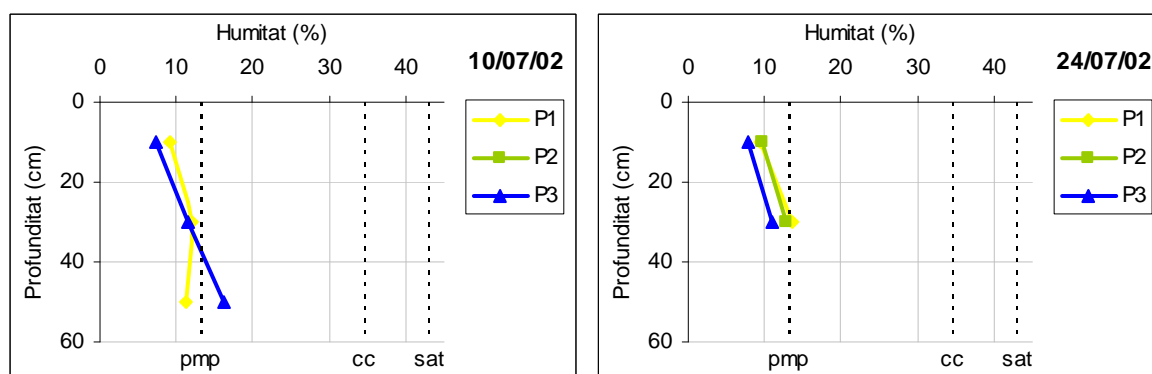


Figura 20. Perfils d'humitat en el període 4-02 a la parcel·la P.

En el mes de juliol es va arribar a uns nivells mínims d'humitat que estan per sota del punt de marciment permanent, tot i que aquesta situació va durar tan sols uns pocs dies, abans de les pluges

d'agost. En aquesta situació, la distribució de la humitat va ser molt uniforme en tots els punts de la parcel·la, tot i que no disposem de dades en la franja de 40 a 60 cm.

### PERÍODE 5-02 Collita a caiguda de fulles

A P1, durant la primera meitat, la humitat va disminuir considerablement, i especialment en superfície. En la segona meitat del període hi va haver tres episodis de pluges molt abundants a principis d'octubre i, tot i que van caure amb intensitats força elevades (podent generar pèrdues per escorrentia superficial), van fer que el contingut d'aigua augmentés molt. Aquest augment és visible sobretot en superfície.

El comportament a P2 va ser pràcticament idèntic a P1 en tots els dies de mesura i per a totes les profunditats.

A P3, l'evolució va ser molt semblant a la dels dos punts anteriors, tot i que el contingut d'aigua sempre es va trobar lleugerament per sota.

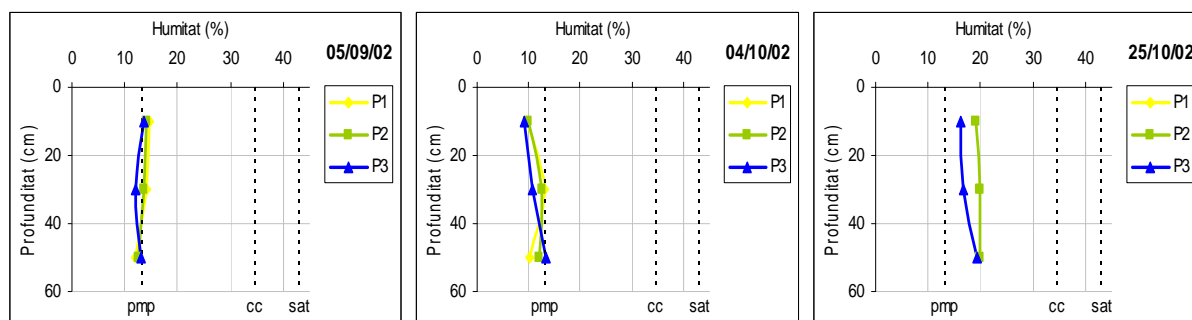


Figura 21. Perfils d'humitat en el període 5-02 a la parcel·la P.

En els tres punts de la parcel·la es pot observar que les pluges d'estiu, d'intensitats elevades, que superen en alguna ocasió la capacitat d'infiltració del sòl, van fer augmentar la humitat sobretot en superfície, mentre que a les capes més profundes l'aigua hi va arribar en menor quantitat.

Cal destacar, en aquest període, que el 2 de setembre hi va haver una pluja de 13 mm amb una intensitat superior a la capacitat d'infiltració, que no augmentà la humitat en cap punt de T ni de P.

### PERÍODE 6-02 Repòs hivernal

A P1, al llarg d'aquest període, la humitat va augmentar significativament, i ho va fer de manera més accentuada en superfície, fins al màxim anual.

El punt P2 va ser molt uniforme durant tot el període. L'augment d'humitat produït per les pluges va ser lleugerament més gran en superfície.

A P3, al llarg del període, el contingut d'aigua augmentà de manera uniforme en les dues capes més profundes. En superfície l'augment va ser més gran, tot i que el sòl no va arribar fins al nivell d'humitat dels 20 cm inferiors.

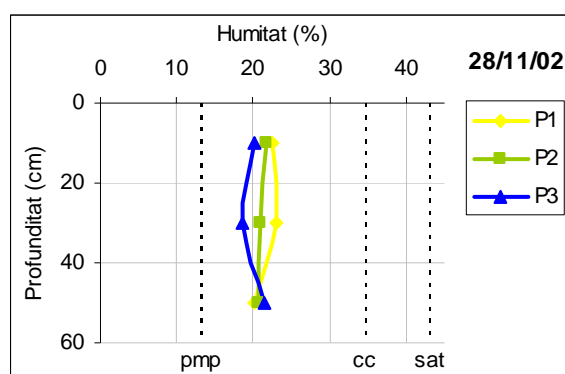


Figura 22. Perfils d'humitat en el període 6-02 a la parcel·la P.

### Comportaments generals al llarg de l'any 2002 en la parcel·la P

L'evolució de la humitat al llarg de l'any, en els tres punts de la parcel·la, va ser força homogènia. Es pot observar que, en tots tres punts estudiats, la capa superficial (de 0 a 20 cm de profunditat) va ser la que va patir més oscil·lacions respecte les capes més profundes, no obstant, aquestes oscil·lacions van ser molt semblants en els tres punts.

Pel que fa les variacions en la distribució de la humitat en profunditat la part mitja de la parcel·la (P2) va ser la zona on el contingut d'aigua es va distribuir de manera més uniforme en les diferents profunditats del perfil, mentre que en les cotes superiors i inferiors van tenir una distribució de la humitat menys uniforme. La part baixa del vessant va tenir un gradient d'humitats més gran que la part alta.

La quantitat màxima d'aigua retinguda pel sòl en les parts superior i mitja de la parcel·la (P1 i P2), va ser d'un 23%. Aquest màxim es va donar en el mateix moment de l'any, a meitat del mes de desembre, al final d'un període de pluges abundants. En la posició més baixa del vessant (P3), la quantitat màxima d'aigua en el sòl va ser més baixa, d'un 21,5%, i aquest valor màxim es va donar en

dos moments de l'any: a mitjans de desembre, i també a principis de juny. En aquest darrer mes, el punt P3 va ser el punt de la parcel·la que va acumular més quantitat d'aigua.

Pel que fa a la fracció d'aigua disponible per a la planta, es poden fer les següents apreciacions:

El punt P1, a la capa intermèdia (de 20 a 40 cm) totes les mesures realitzades van mostrar una humitat per sobre del punt de marciment permanent (PMP). En superfície, en canvi, es van donar dos períodes per sota d'aquest punt, entre el verol i la caiguda de fulles. En la part més profunda també es va arribar al punt de marciment permanent entre la collita i la caiguda de fulles. Totes les mesures fetes a P1 es troben força allunyades de la capacitat de camp.

A P2 el sòl va arribar per sota del PMP en superfície, en els mateixos moments que a P1. En les capes més profundes, es va arribar al límit d'aquest punt, però no va arribar a estar-ne per sota.

A P3, la capa superficial (de 0 cm a 20 cm de profunditat) el sòl es va trobar per sota del PMP en totes les mesures fetes des d'abans del quallat fins a la caiguda de fulles. En les capes més profundes, durant els mesos d'agost i setembre, les mesures d'humitat també van estar per sota del PMP. Tan sols en la part més profunda, l'aigua es va mantenir propera al 14% (PMP en aquest punt).

#### Canvis d'humitat en funció de les característiques de les pluges:

Les pluges de primavera van ser molt continuades i amb intensitats baixes, que van originar una acumulació d'aigua entre la brotació i el quallat, que va arribar gairebé al màxim anual. No obstant, des de l'abril fins al juny, les pluges van anar disminuint en quantitat. El contingut d'aigua en el sòl va anar disminuint, sobretot en superfície.

En general, les intensitats de les pluges de tardor van ser les més elevades de l'any. No obstant, després d'aquestes dues pluges s'observa un augment de la humitat en totes les profunditats del perfil. Les pluges d'intensitats més altes van ser poc importants en quantitat. A més, es van donar just després de les pluges més importants i, per tant, quan el sòl es trobava amb un bon contingut d'aigua en tot el perfil. Aquests dos factors probablement són la causa que la pèrdua d'aigua per escorrentia, originada per les pluges d'elevada intensitat, tingués poca influència en el sòl de manera que no es van crear diferències d'humitat importants entre la capa superficial i les capes més profundes.

En la segona meitat de l'any, es van donar les pluges més abundants i amb intensitats més elevades. Es pot observar que l'augment significatiu d'humitat en el sòl no es va donar fins a després de la collita, període en què les necessitats de la vinya disminueixen.

### 5.2.1.2 Parcel·la T

L'evolució de la humitat en la parcel·la T, comparada amb la distribució de les pluges, es mostra a continuació en la Figura 23:

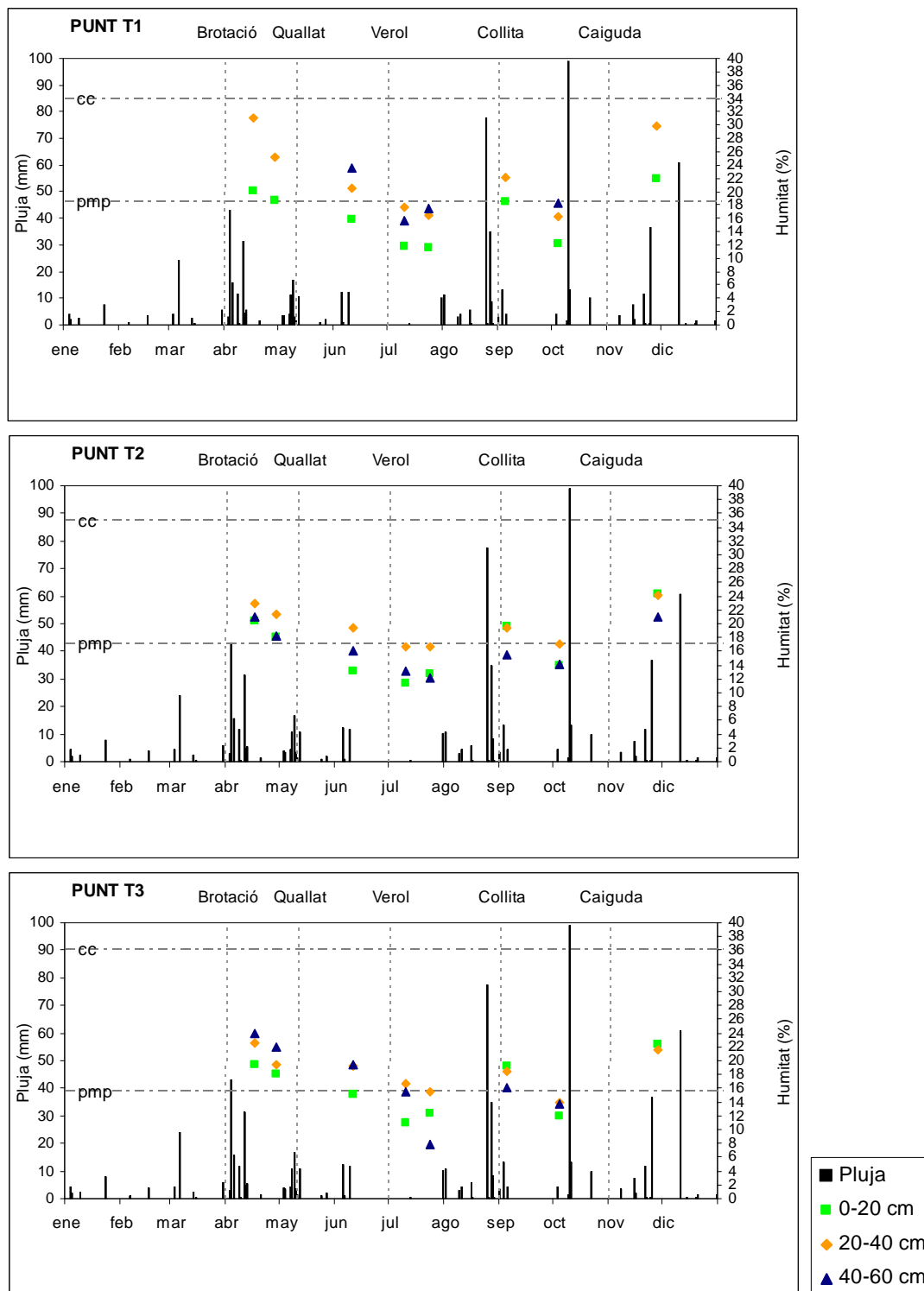


Figura 23. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la T en els tres punts d'estudi, l'any 2002.



A continuació es detalla l'evolució de la humitat en el sòl en cada punt al llarg dels diferents períodes.

Cal esmentar que el punt T1 va provocar diversos problemes en la mesura del contingut d'aigua a la profunditat de 40 a 60 cm. El principal problema va ser que en aquest punt la profunditat del sòl és d'uns 50 cm, i en els moments en que la humitat era més alta el tub de mesura es trobava ple d'aigua, de manera que el TDR no es podia utilitzar.

### PERÍODE 2-02 Brotació a quallat

A T1, al principi del període, el gradient d'humitats en el sòl és molt elevat en aquest punt, fins al punt que la part superficial es troba prop del punt de marciment permanent, mentre que la part més profunda es troba saturada. Al llarg del període, la humitat va disminuir lleugerament en superfície i molt pronunciadament de 20 a 40 cm.

A T2, a l'inici del període l'aigua al sòl estava distribuïda de manera força uniforme. La capa intermèdia (de 20 a 40 cm) era la més humida. Al llarg del període, la humitat va disminuir, especialment en superfície i en profunditat, tot incrementant la diferència amb la franja de profunditat intermèdia, que va quedar considerablement més humida. En aquest cas, les pluges no van ser suficients per que aquesta es mantingués.

A T3, en general, el contingut d'aigua és similar al punt 2, tot i que la humitat en la part més profunda del sòl és més gran.

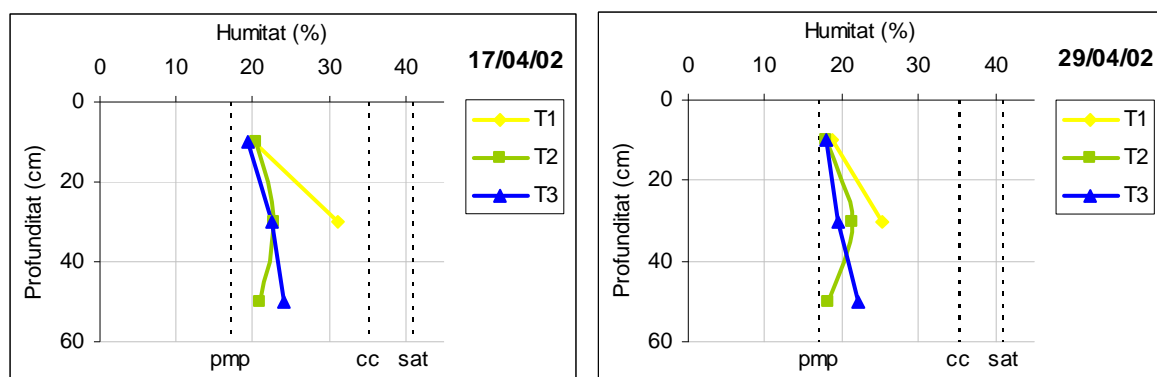


Figura 24. Perfils d'humitat en el període 2-02 a la parcel·la T.

### PERÍODE 3-02 Quallat a verol

A T1, al llarg del període, el contingut d'aigua va anar disminuint uniformement i de manera poc pronunciada en els primers 40 centímetres de sòl. A més profunditat, el descens de la humitat va ser molt més accentuat. Aquest fet pot ser explicat per les pluges de principis de juny, de poca quantitat i intensitats moderades, que probablement aportaren humitat només a les capes superiors, degut a

que la capacitat d'infiltració del sòl es va veure lleugerament superada i, per tant, una part de l'aigua de pluja es va perdre per escolament i no infiltrà en profunditat.

A T2, el contingut d'aigua va disminuir lleument; en superfície va ser a on va disminuir més. En tot moment la humitat en superfície va ser menor que en la resta de profunditats. En la capa intermèdia sempre hi va haver la major quantitat d'aigua.

A T3, s'aprecia una disminució considerable de la humitat en superfície i en profunditat. En canvi, en la franja de 20 a 40 cm, el contingut d'aigua pràcticament no va variar.

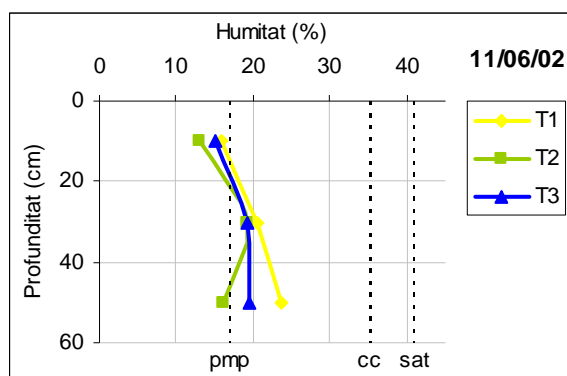


Figura 25. Perfils d'humitat en el període 3-02 a la parcel·la T.

#### PERÍODE 4-02 Verol a collita

A T1, la humitat en aquest punt es va mantenir pràcticament constant, excepte en la part més profunda, on el contingut d'aigua va augmentar. És difícil explicar aquest augment per les pluges caigudes en aquest període, ja que els 40 cm més superficials no mostren un increment de la humitat. Podria ser que l'elevada evapotranspiració i les aportacions de la pluja es compensessin donant lloc a una aparent manca de variació en la humitat de les capes superiors del sòl.

A T2, aquest punt va tenir un comportament similar a T1, amb la diferència que en la franja de 40 a 60 cm de profunditat, el contingut d'aigua va ser inferior al de T1.

A T3, a la cota més baixa de la parcel·la l'evolució de la humitat va ser pràcticament idèntica a T1 i T2 en els primers 40 cm. A més profunditat, el contingut d'aigua va disminuir molt pronunciadament.

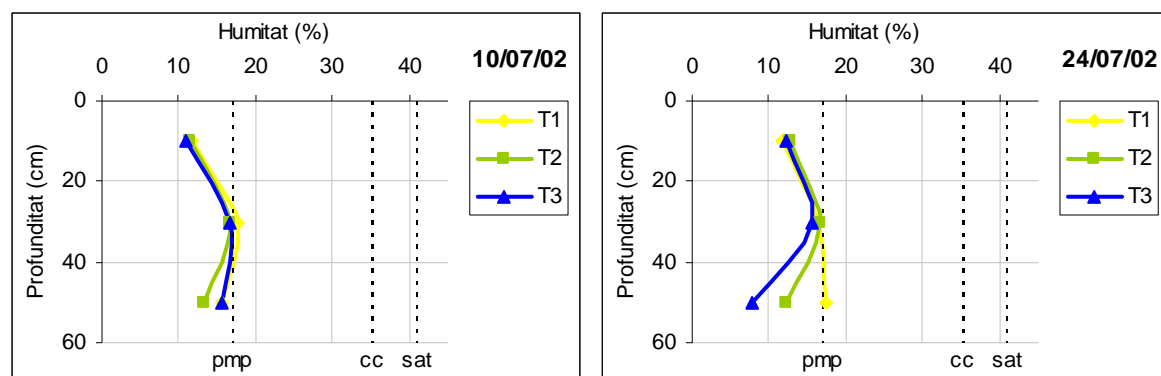


Figura 26. Perfils d'humitat en el període 4-02 a la parcel·la T.

En els tres punts de la parcel·la s'observa un increment molt lleuger del contingut d'aigua en la capa superficial del sòl, quan no s'han registrat pluges. S'ha de suposar que hi va haver una aportació d'aigua d'algun tipus, que no està registrada en les dades meteorològiques.

#### PERÍODE 5-02 Collita a caiguda de fulles

A T1, durant el primer mes, la humitat va disminuir de manera uniforme en tot el perfil. Durant la segona part del període, les pluges molt abundants van fer que el contingut hídic augmentés de manera considerable, especialment de 20 a 40 cm de profunditat. A més profunditat l'augment no va ser tan pronunciat.

A T2, durant la primera meitat del període, la humitat va disminuir molt acusadament en superfície, i més lleugerament en els 40 cm inferiors. En la segona meitat del període, el contingut d'aigua va augmentar molt uniformement: en tots els punts l'augment va ser aproximadament del 5% i, per tant, la capa de sòl més humida al final d'aquest període va continuar sent la intermèdia.

A T3, la humitat del sòl en el punt T3 va ser força uniforme per a tot el perfil en tot moment. També va disminuir en la primera meitat del període, especialment en superfície, i posteriorment va augmentar.

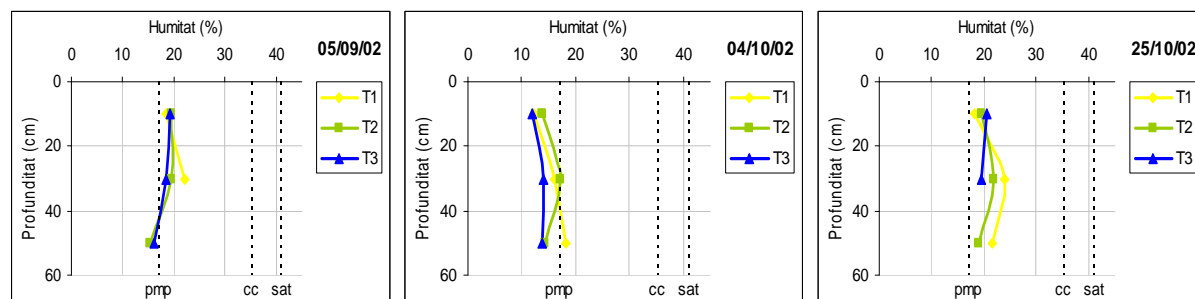


Figura 27. Perfils d'humitat en el període 5-02 a la parcel·la T.

Les pluges abundants a finals del període anterior i a principis d'aquest van fer augmentar significativament el contingut d'aigua en tot el perfil del sòl. No obstant, es pot apreciar que aquest augment va ser força baix comparat amb la quantitat de precipitació caiguda, i això ho pot explicar el fet que les pluges més importants van tenir unes intensitats força elevades, amb la qual cosa no va infiltrar tota l'aigua caiguda i hi va haver pèrdues per escorrentia. També s'aprecia, especialment en la parcel·la P i en el punt mig de la parcel·la T (punt T2), un augment del percentatge d'aigua en superfície més elevat que en les capes inferiors.

### PERÍODE 6-02 Repòs hivernal

A T1, hi va haver un increment molt important del contingut d'aigua en profunditat, fins al punt que va arribar a saturar-se per sota els 40 cm. L'increment en superfície va ser, en comparació, molt més baix.

La humitat en el punt T2 en aquest període arribà al seu màxim anual. El contingut d'aigua va variar, respecte a la última mesura del període anterior, de manera uniforme en tot el perfil.

A T3, la humitat va ser molt uniforme en els 40 primers cm de sòl, i lleugerament inferior a la del punt T2. No hi ha dades per a la franja més profunda.

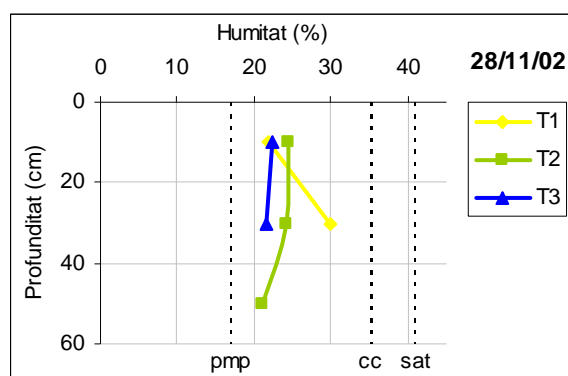


Figura 28. Perfils d'humitat en el període 6-02 a la parcel·la T.

### Comportaments generals al llarg de l'any 2002 a la parcel·la T

L'evolució de la humitat al llarg de l'any, va ser molt menys uniforme que a la parcel·la P. Hi va haver una oscil·lació considerable del contingut d'aigua, que va ser molt acusada en profunditat. No obstant, en superfície, tots els punts van tenir un comportament similar, i un contingut d'aigua més baix que el de les capes més profundes.

A T1, el sòl és molt poc profund, i el contingut d'aigua augmentà fàcilment amb les pluges abundants de primavera i tardor, que en aquest cas van fer pujar el contingut d'aigua fins a un 30% en profunditat. En el punt T2, a la part mitja del vessant, les oscil·lacions al llarg de l'any van ser més

pronunciades en superfície; a majors profunditats van ser més atenuades i uniformes. En general, la humitat en aquest punt mai no va arribar a valors tan extrems com en T1. A T3, a la part baixa del vessant, l'evolució de la humitat va ser semblant a la de T2.

Pel que fa les variacions en la distribució de la humitat en profunditat, la diferència entre la superfície i els 60 cm de profunditat va ser màxima en les cotes superiors de la parcel·la (T1) i mínima en les inferiors (T3).

El contingut màxim d'aigua en el sòl es va donar a T1, en profunditat, ja que el sòl es va trobar saturat en els moments més humits de l'any. Els punts més baixos del vessant (T2 i T3), van tenir un màxim d'humitat igual al 24%. S'ha de destacar que en tots els punts de la parcel·la T s'observen dos màxims, amb percentatges d'aigua en el sòl molt similars, a finals de primavera i a finals de tardor, després dels dos períodes de pluges importants de l'any. A T2 aquest màxim va estar en la capa més superficial, de 0 a 40 cm, a final de novembre, mentre que, a T3, es va donar de 40 a 60 cm, i durant el mes d'abril.

Pel que fa a la disponibilitat per al cultiu de l'aigua retinguda, al punt T1, en superfície, el contingut d'aigua mesurat va ser inferior al PMP (18,5%) des de la brotació fins a la caiguda de fulles. En la part més profunda del sòl hi va haver dos períodes per sota del punt de marciment permanent: al juliol i a principi d'octubre. Per altra banda, és destacable que en els moments en què el sòl conté més humitat, la franja més profunda de T1 es va trobar saturada d'aigua.

En el punt T2 tot el perfil del sòl estudiat es va trobar per sota del PMP entre la brotació i la caiguda de fulles, excepte un curt període a principis de setembre en què la humitat va assolir el 20% en les capes superiors.

A T3, el punt de marciment permanent és el més baix de la parcel·la (15,5%), amb la qual cosa els períodes en què la humitat del sòl es va trobar per sota d'aquest punt no van ser tan extensos, tan sols del verol fins abans de la caiguda de fulles. La capa que va mantenir més fàcilment la humitat va ser la intermèdia (de 20 a 40 cm de profunditat).

#### Canvis d'humitat en funció de les característiques de les pluges:

A principi de primavera, el contingut d'aigua en el sòl a la parcel·la T era el més alt de l'any, com a la parcel·la P. No obstant, en aquesta parcel·la el contingut d'aigua va disminuir continuadament, tot i les pluges caigudes fins al juny. No obstant, s'observen diferències en els tres punts de la parcel·la al llarg d'aquest període de pluges de primavera, en què a T1 la humitat augmenta molt, fins a saturar el sòl en profunditat, i aquest augment s'atenua més com més abaix en el vessant ens situem, sent mínim a T3.

### **5.2.1.3 Resum comparatiu de les dues parcel·les l'any 2002**

En les parts mitges de les parcel·les el contingut d'aigua va ser més uniforme en el temps que en els extrems d'aquestes, i les oscil·lacions d'humitat van ser menors a més profunditat: de 40 a 60 cm hi va haver molt poques diferències entre les dues parcel·les.

En general, les variacions d'humitat a la parcel·la transformada (T) van ser més grans que en la poc transformada (P). El punt que mostra més diferències amb la resta és T1. Els altres punts de T van tenir comportaments més similars als de la parcel·la P.

Al llarg de tot l'any, l'evolució de la humitat en superfície va ser molt similar en tots els punts, tant per la parcel·la P com per la T. Això pot explicar-se perquè la capa superficial es llaura diverses vegades durant l'any i, per tant, les propietats hídriques d'aquesta capa tindran propietats similars en les dues parcel·les: no hi ha presència d'arrels, i l'evaporació que es doni en la superfície serà similar en tots els punts.

## 5.2.2 Resultats any 2003

### 5.2.2.1 Parcel·la P

La Figura 29 mostra l'evolució de la humitat del sòl al llarg de l'any 2003 en la parcel·la P, en cada posició de la parcel·la i per a les tres profunditats analitzades.

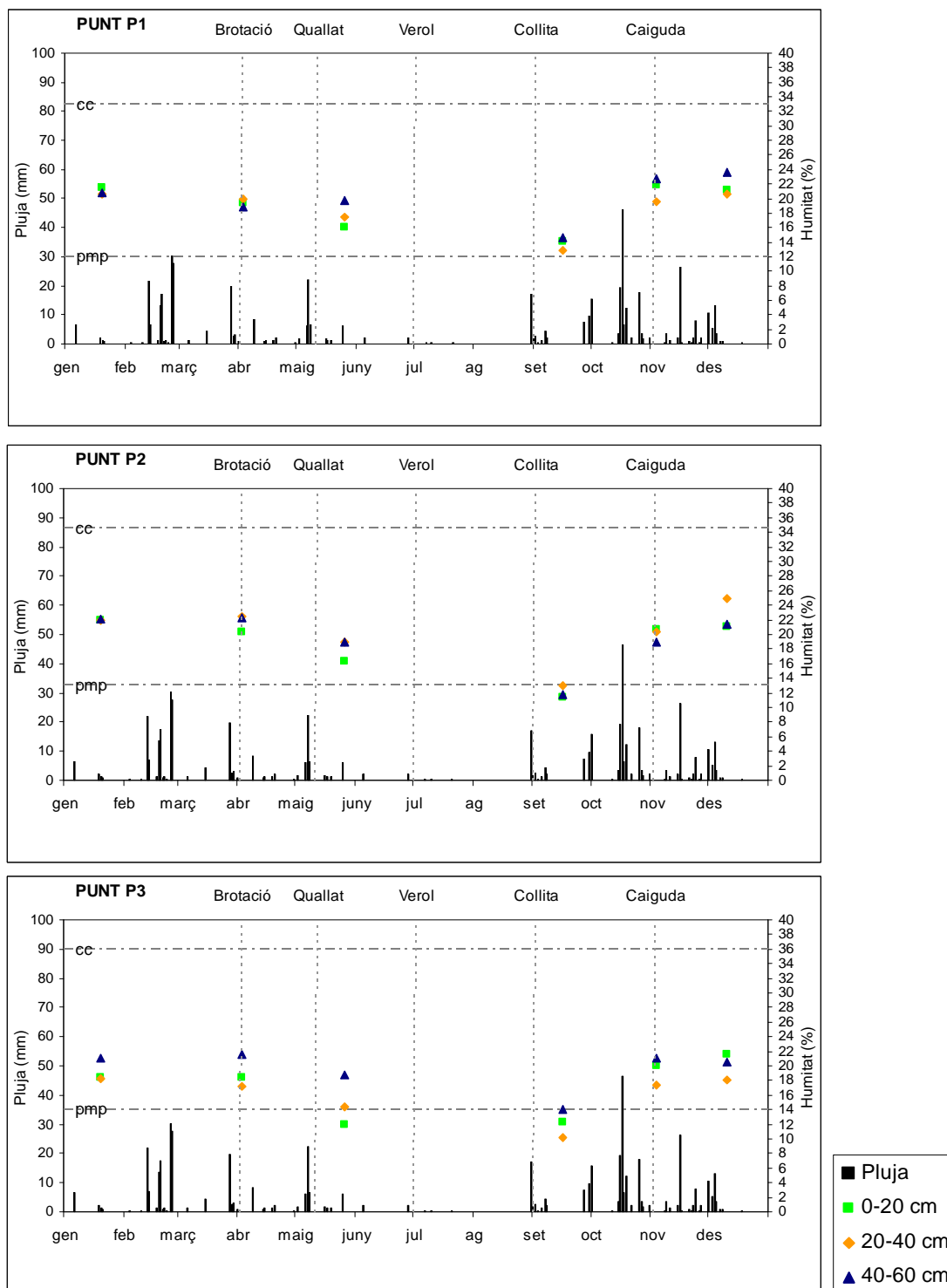


Figura 29. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la P en els tres punts d'estudi, l'any 2003.



Durant l'any 2003 es van realitzar únicament sis mesures d'humitat. Amb aquestes dades és molt difícil poder descriure quina ha estat l'evolució de la humitat dins de cada període. Per tant, la descripció de cada un dels períodes en aquest cas es centrarà més en la situació observada en cada punt i parcel·la, més que en l'evolució.

### PERÍODE 1-03 Repòs hivernal

En aquest període el sòl té un estat d'humectació mitjà entre el punt de marciment permanent i la capacitat de camp. Els punts P1 i P2 mostren un contingut d'aigua molt similar, i molt uniforme en totes les profunditats mesurades. En canvi, el punt P3, situat en la cota més baixa, la humitat és més baixa en els primers 40 cm, però a més profunditat és similar a la de la resta de la parcel·la.

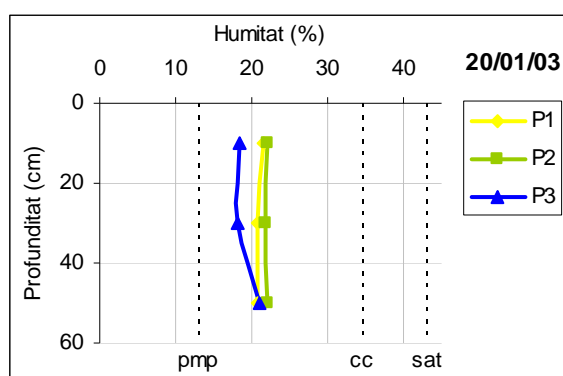


Figura 30. Perfils d'humitat en el període 1-03 a la parcel·la P.

### PERÍODE 2-03 Brotació a quallat

En aquest període la humitat en els punts P1 i P3 es va mostrar pràcticament igual a la de la mesura anterior. Per contra, el punt P2 tenia un contingut d'aigua inferior en superfície i més gran dels 20 cm de profunditat cap avall. Entre aquestes dues mesures hi va haver, primer, un mes de pluges continuades i, després, un mes pràcticament sec.

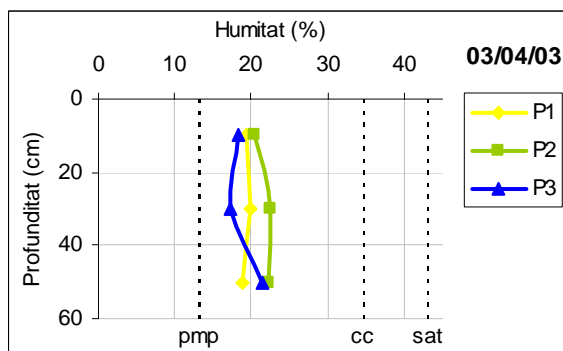


Figura 31. Perfils d'humitat en el període 2-03 a la parcel·la P.

### PERÍODE 3-03 Quallat a verol

En aquest període el sòl es va mostrar més sec que en l'anterior, en tots tres punts. La distribució de l'aigua en els perfils va ser la mateixa que en l'anterior. L'única excepció és la capa més profunda del sòl, de 40 a 60 cm, al punt més elevat de la parcel·la (P1). Aquest punt no va perdre pràcticament aigua. En tots tres punts de mesura el contingut màxim d'aigua es va donar en profunditat.

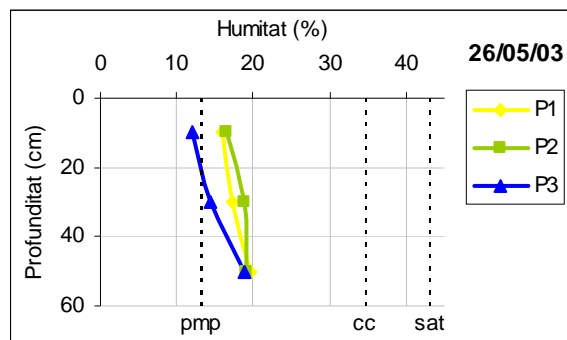


Figura 32. Perfils d'humitat en el període 3-03 a la parcel·la P.

### PERÍODE 4-03 Verol a collita

En aquest període no es disposa de dades, però tenint en compte que va ser un període sense pluges apreciables i amb elevades temperatures, es pot deduir que al final d'aquests dos mesos la humitat al sòl va arribar al seu mínim, tot i que no podem observar les diferències entre els tres punts.

Es va realitzar una simulació de l'evolució de la humitat en una parcel·la molt pròxima i amb característiques del sòl similars a la parcel·la T, en la qual el valor mínim d'humitat en el sòl va ser d'un 3,5% en els primers 20 cm, a finals del mes d'agost. Aquest resultat podria extrapol·lar-se a la parcel·la T, de manera que és molt probable que en aquest període s'arribés al contingut mínim d'aigua en tots els punts.

### PERÍODE 5-03 Collita a caiguda de fulles

La mesura es va realitzar al principi del període després d'un període molt llarg de sequera, seguit d'algunes pluges de poca magnitud. En aquesta mesura s'observa un contingut d'aigua molt inferior al de la mesura anterior, tot i que molt probablement no es tracta del mínim anual, ja que es van donar pluges entre les dues mesures.

La forma de les corbes d'humitat és força diferent a la del gràfic anterior. En els punts P1 i P3, el contingut màxim d'aigua es trobava en profunditat i el mínim en la franja intermèdia (de 20 a 40 cm), mentre que en el punt P2, en aquesta franja intermèdia es donava el màxim d'humitat.

Per altra banda, la distribució de la humitat en el punt P1 es va mostrar força uniforme en tot el perfil, mentre que al punt P3 hi havia diferències importants en les tres profunditats mesurades. La uniformitat del punt P2 es trobaria en un punt mig entre els altres dos punts.

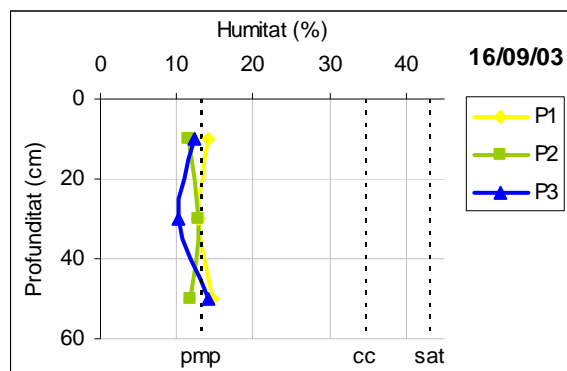


Figura 33. Perfils d'humitat en el període 5-03 a la parcel·la P.

### PERÍODE 6-03 Repòs hivernal

En aquest període hi va haver un increment del contingut d'aigua molt important respecte al període anterior. En el punt P1 s'aprecia un major increment en profunditat que en superfície. A P2, en canvi, l'increment més important va ser a la franja de 20 a 40 cm. En el punt P3, l'increment més important es va donar en superfície.

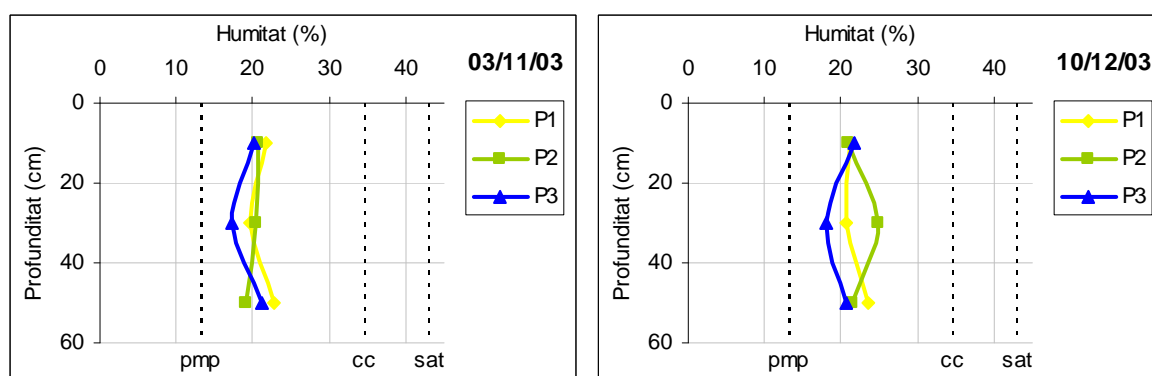


Figura 34. Perfils d'humitat en el període 6-03 a la parcel·la P.

### Comportaments generals al llarg de l'any 2003 a la parcel·la P

Durant l'any 2003 l'evolució de la humitat en el sòl va ser molt semblant en totes les profunditats, tot i que en el punt P2 (part mitja del vessant) els canvis van ser més accentuats que en els altres punts. En general, no hi va haver variacions brusques.

Pel que fa a les variacions en la distribució de la humitat, els punts de P van patir molt poca variació al llarg del temps; sempre es va mantenir un contingut d'aigua més o menys entre 15 i 25%; excepte a

la mesura de setembre, en què el contingut d'aigua va baixar fins a un 10%. També hi va haver poques diferències en es diferents profunditats, no més grans del 5%. El punt que més variacions en profunditat va tenir va ser P3, punt de la parcel·la on el sòl és més profund.

A P3, al llarg de l'any la humitat es va distribuir de manera menys uniforme que en els altres dos punts. La quantitat d'aigua que va retenir el sòl a P aquest any va ser força uniforme en les tres posicions del vessant, si bé es pot observar que en certs moments el punt 2 va acumular una quantitat d'aigua lleugerament més gran que els punts dels extrems.

El contingut màxim d'aigua en el sòl va donar-se al punt mig de la parcel·la (P2) amb un percentatge màxim d'un 25%, durant el mes de desembre, al final d'un llarg període de pluges més o menys importants iniciat a l'octubre, i coincidint amb el moment en què el cultiu es trobava en repòs hivernal.

Disponibilitat per al cultiu: En cap de les mesures realitzades es va trobar un contingut d'aigua proper a la capacitat, possiblement a causa de les característiques de les pluges durant aquest any (poca quantitat, i pluges amb altes intensitats concentrades a la primavera i la tardor.

Tot i que per a aquest any falten dades en la època més seca (mesos d'estiu), es pot observar que el sòl es va trobar en diversos períodes de temps amb una humitat per sota del PMP, excepte en el punt P1. Cal suposar, però, que durant l'estiu, el contingut d'aigua va ser més baix, ja que durant la primera meitat de setembre, abans del dia de la mesura, hi va haver diversos episodis de pluges.

En el punt P2 (part mitja del vessant), la humitat va estar per sota del PMP en totes les profunditats, durant el mateix període que el punt P1. El mateix s'observa a P3). En aquest darrer punt, a més, el sòl va arribar per sota del PMP en superfície al mes de juny; per tant, i a causa de que no hi va haver pluges durant tot l'estiu, es pot deduir que, almenys de 0 a 40 cm de profunditat, el sòl es va trobar per sota del PMP durant tot el període de creixement i maduració de la vinya.

### 5.2.2.2 Parcel·la T

La Figura 35 mostra l'evolució de la humitat del sòl al llarg de l'any 2003 en la parcel·la P en cada posició de la parcel·la i per a les tres profunditats analitzades.

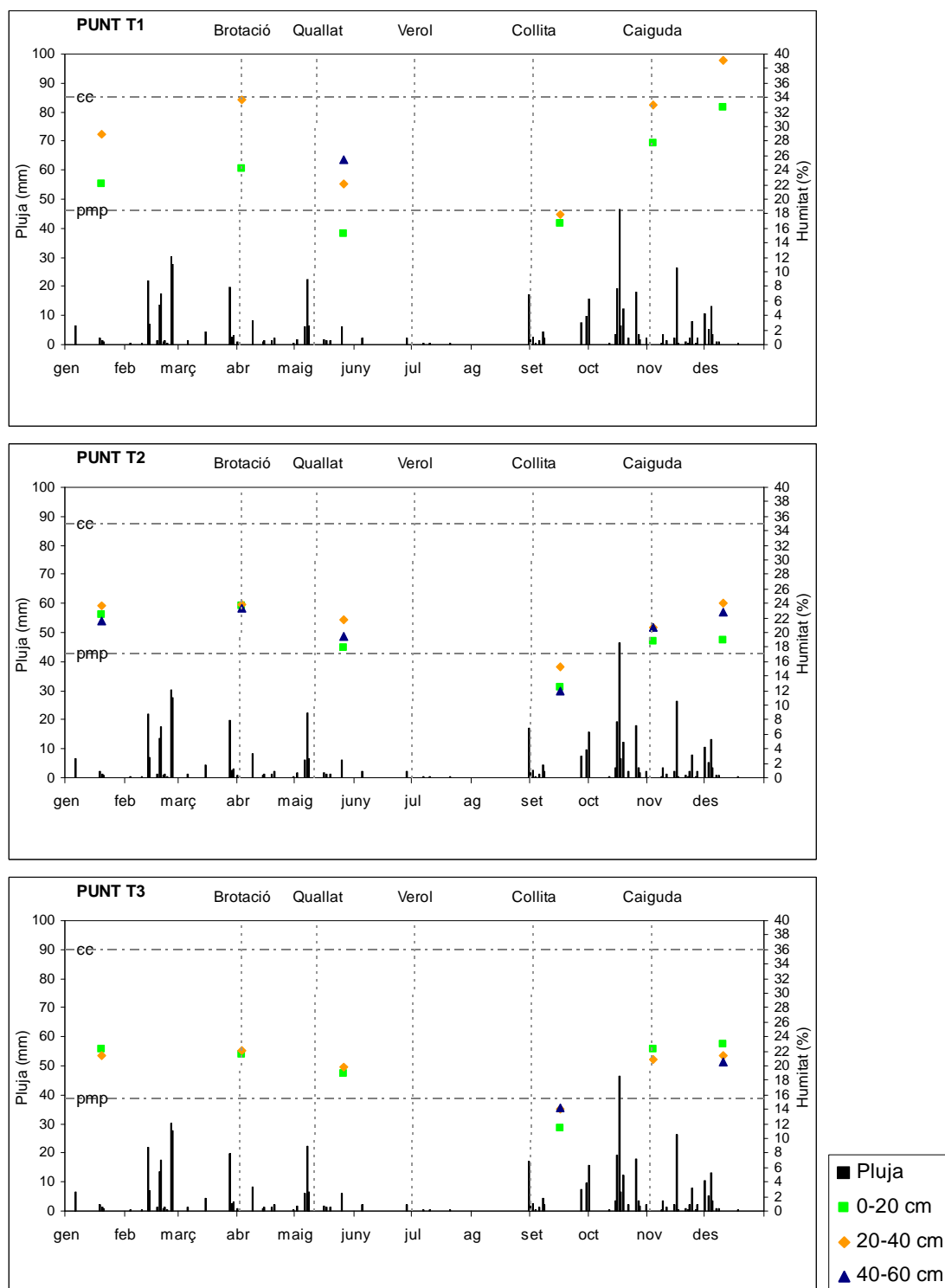


Figura 35. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la T en els tres punts d'estudi, l'any 2003.

A continuació es detalla l'evolució per a cada període:

### PERÍODE 1-03 Repòs hivernal

En aquest primer període, el contingut d'aigua en el sòl era una mica més alt que a la parcel·la P, però la seva distribució era més irregular en els tres punts de mesura. Tots els punts tenien la mateixa humitat en superfície; no obstant, en la cota més alta (T1), el contingut hídric augmentava ràpidament en profunditat, fins a trobar-se a saturació entre 40 i 60 cm, motiu pel qual no hi ha mesura en aquest punt.

A T2, la humitat es trobava distribuïda de manera força uniforme, amb el màxim en la franja de 20 a 40 cm. A T3, el contingut d'aigua és el més baix entre 20 i 40 cm, però no es disposa de dades a més profunditat.

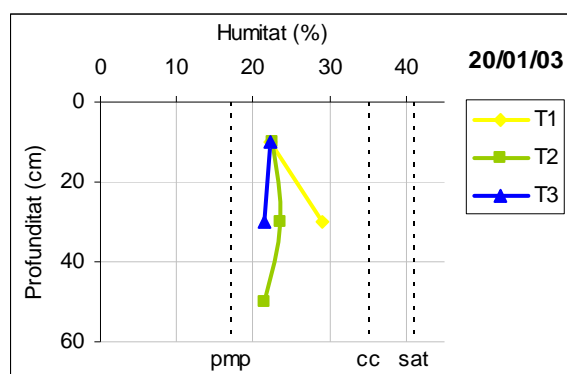


Figura 36. Perfils d'humitat en el període 1-03 a la parcel·la T.

### PERÍODE 2-03 Brotació a quallat

Respecte a la mesura anterior, el sòl no va variar pràcticament el seu contingut en aigua. Únicament el punt T1 mostra un increment d'humitat en la profunditat intermèdia, i a més profunditat continuava trobant-se saturat.

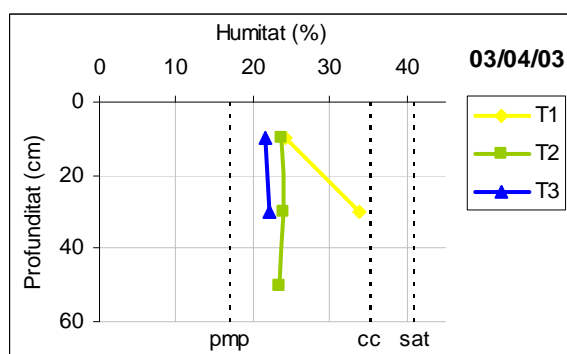


Figura 37. Perfils d'humitat en el període 2-03 a la parcel·la T.

### PERÍODE 3-03 Quallat a verol

Durant aquest període, el contingut d'aigua va disminuir sensiblement, degut a l'elevada evapotranspiració i la manca de pluges. El punt T1 va ser el que va patir una disminució de la humitat més important, però mantenint el mínim en superfície i el màxim en profunditat. A T2, el contingut d'aigua va disminuir més en superfície i en profunditat que en la zona intermèdia. En el punt T3 no es poden apreciar canvis respecte a la mesura anterior.

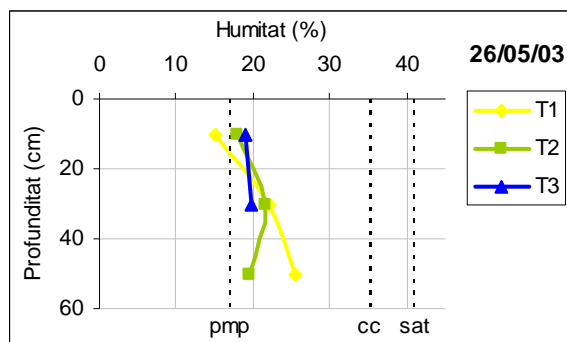


Figura 38. Perfils d'humitat en el període 3-03 a la parcel·la T.

### PERÍODE 4-03 Verol a collita

En aquest període no hi ha dades, però es podria aplicar el mateix que en la parcel·la P.

### PERÍODE 5-03 Collita a caiguda de fulles

Igual que en la parcel·la P, en aquest moment es va mesurar el contingut més baix d'aigua en el sòl. La distribució de l'aigua en els perfils és similar en els tres punts de mesura, amb un màxim en la franja intermèdia. En general, la humitat del punt T1 va ser més alta que en els punts T2 i T3, que van presentar un contingut molt similar, tot i que a T3, la humitat de 40 a 60 cm era superior a la de T2.

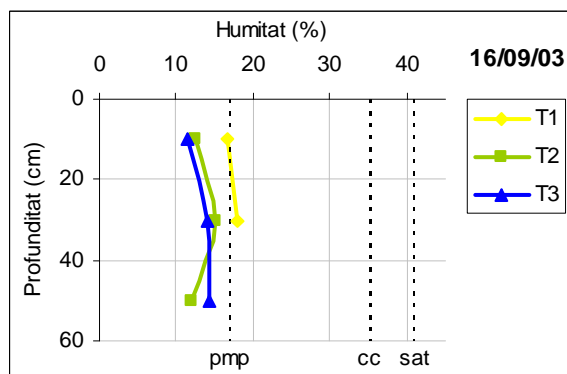


Figura 39. Perfils d'humitat en el període 5-03 a la parcel·la T.



### PERÍODE 6-03 Repòs hivernal

En aquest període el sòl va tenir una recàrrega molt important d'aigua. Contràriament a la uniformitat observada en els tres punts de la parcel·la P, en aquesta parcel·la la distribució de l'aigua va ser força heterogènia.

En el punt T1, el contingut d'aigua va ser molt més elevat que en els altres dos, presentant saturació per sota dels 40 cm de profunditat.

El punt T2, l'increment més important es va donar entre els 20 i 60 cm, en canvi, en superfície pràcticament no va mostrar increment.

A T3, la humitat va incrementar més en superfície que no pas en profunditat. El contingut mitjà d'aigua en aquest punt va ser similar a T2.

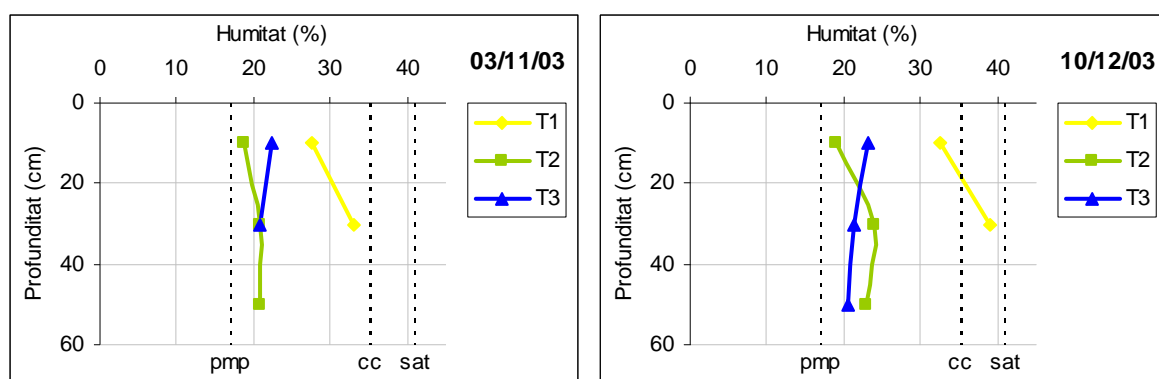


Figura 40. Perfils d'humitat en el període 6-03 a la parcel·la T.

### Comportaments generals al llarg de l'any 2003 de la parcel·la T

L'evolució de la humitat al llarg de l'any en la parcel·la transformada va ser molt diferent en les diferents posicions de la parcel·la: a T1 (part superior del vessant), els canvis d'humitat van ser molt accentuats, arribant a valors extrems de saturació; mentre que la zona mitja i inferior del vessant (T2 i T3) van tenir una evolució molt semblant entre si, amb variacions molt més atenuades que el punt T1.

Variacions en la distribució de la humitat en profunditat: A T2 i T3, el contingut d'aigua al llarg de l'any va tenir molt poca variació en comparació amb T1, que va tenir variacions molt acusades, tant en el temps (25%) com en profunditat (fins a 10%).

Pel que fa a la quantitat màxima d'aigua que reté el sòl, en aquesta parcel·la l'acumulació més gran d'aigua es va donar en la part superior del vessant (punt T1). En aquest punt, l'aigua s'acumulà amb gran facilitat, fins a arribar a saturar el sòl. En els punts inferiors del vessant, la quantitat màxima

d'aigua acumulada arribà a nivells molt inferiors al del punt T1. Com en la parcel·la P, i com en l'any 2002, aquest màxim es va donar al mes de desembre, després de les pluges de tardor.

Pel que fa a la disponibilitat de l'aigua retinguda per al cultiu, s'observen valors molt contrastats depenent de la posició en el vessant.

El punt T1 (part superior de la parcel·la) va arribar a saturar-se a partir de 40 cm de profunditat, en els moments en què es van donar continguts màxims en tots els punts. Per altra banda, a principis i a finals d'estiu, el sòl es va trobar per sota el punt de marciment permanent en la capa superficial. Tot i la manca de dades entre juny i setembre, donada la tendència als valors extrems en aquest punt, i comparant-lo amb l'any 2002 (que va ser un any força humit i, no obstant, el sòl va arribar al PMP a l'estiu), es pot pensar que durant els mesos d'estiu, en el punt T1 el contingut d'humitat va arribar a estar permanentment per sota del PMP.

El punt T2 va tenir uns valors d'humitat molt més moderats que el punt T1, tot i que també es va trobar per sota del PMP a principis de setembre. Tal i com va passar en tots els punts de les dues parcel·les, per a aquest punt també es pot deduir que, a les profunditats estudiades, el sòl va tenir un contingut d'aigua inferior al PMP durant els mesos d'estiu.

A T3, la humitat es va mantenir semblant al punt T2, arribant per sota del PMP almenys a principis de setembre i, tal i com ja s'ha argumentat, previsiblement també durant els mesos d'estiu.

#### **5.2.2.3 Resum comparatiu de les dues parcel·les l'any 2003**

A la part central del vessant, (al punt 2), a profunditats majors de 20 cm, la humitat va ser igual en les dues parcel·les estudiades T i P, mentre que en superfície, la parcel·la P va tenir un contingut d'aigua menor la major part del temps.

Els punts centrals i inferiors de les parcel·les (P2 i P3, i T2 i T3) es van comportar de manera molt similar. En aquests punts és difícil apreciar diferències en l'evolució de l'aigua en el sòl entre la parcel·la transformada i la no transformada. Això pot ser degut a les transformacions realitzades en la parcel·la T, ja que la part central del vessant és la part que ha patit menys alteració, i en la part inferior s'ha realitzat un petit terraplenament, amb la qual cosa el sòl ha esdevingut més profund.

En totes dues parcel·les, les parts superiors del vessant es van mostrar més humides que les cotes més baixes, amb la diferència que a la parcel·la T, el punt T1 va ser el més humit en tot moment, i amb una diferència important amb els altres dos. En canvi, a la parcel·la P, la zona més humida es va alternar entre P1 i P2, i sense una diferència tan clara amb el punt inferior del vessant. Això pot ser explicat pel fet que en la parcel·la P el sòl té les característiques properes al relleu original, mentre que a la parcel·la T, el punt T1, és un punt amb un sòl molt transformat respecte a les condicions originals, amb molt poca profunditat i, per tant, poca capacitat d'amortir tant els excessos com els dèficits d'aigua.

## 5.2.3 Resultats any 2004

### 5.2.3.1 Parcel·la P

La Figura 41 mostra l'evolució de la humitat del sòl al llarg de l'any 2004 en la parcel·la P en cada posició de la parcel·la i per a les tres profunditats analitzades.

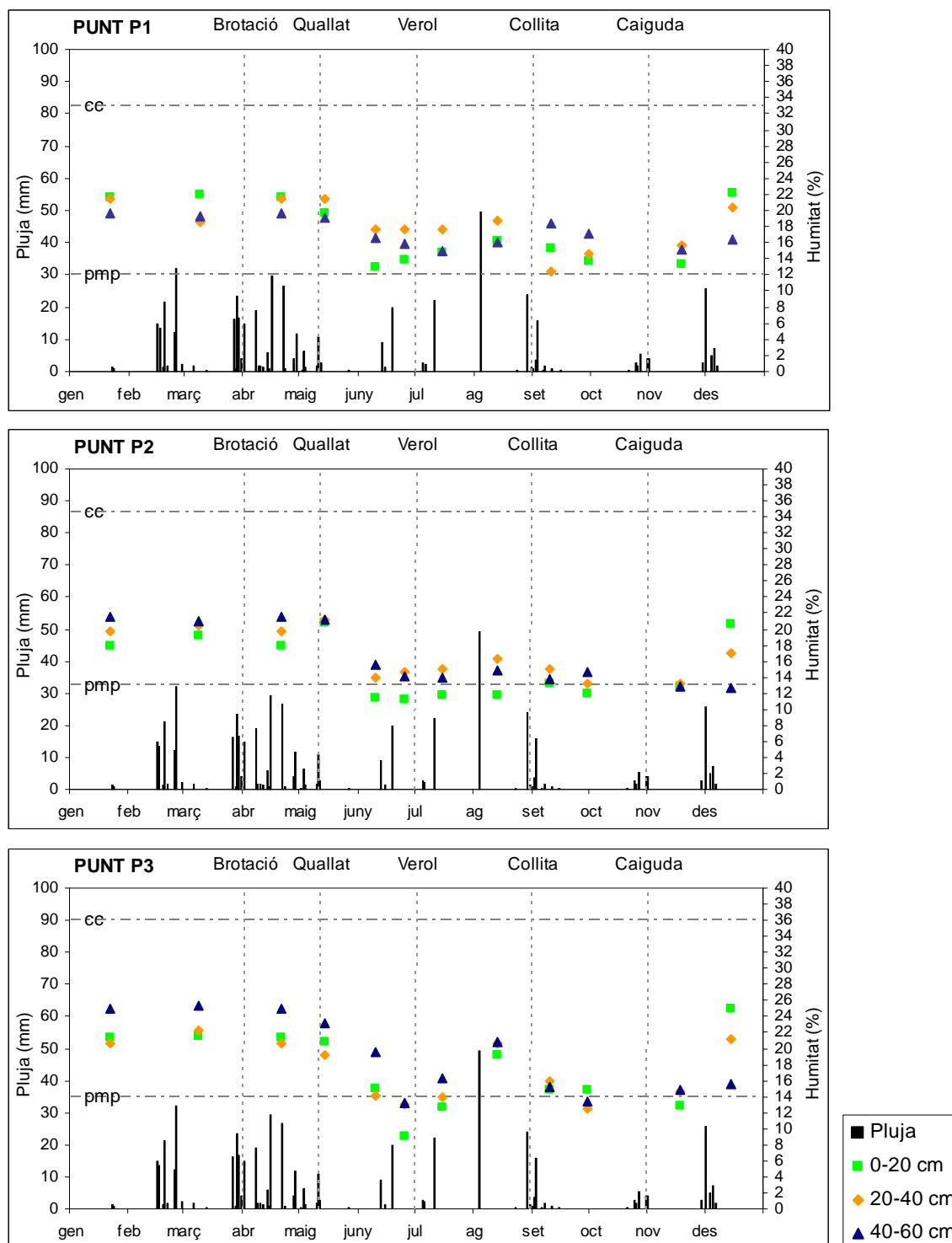


Figura 41. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la P en els tres punts d'estudi, l'any 2004.

### PERÍODE 1-04 Repòs hivernal

En el punt més elevat de la parcel·la (P1), el contingut més gran d'aigua es va trobar en profunditat, i la humitat va augmentar lleugerament i de manera uniforme en tot el perfil.

En les cotes intermèdies (P2), la franja més humida va ser de 20 a 40 cm. La humitat també va augmentar de manera uniforme, i va ser lleugerament més elevada que a P1.

En la part baixa del vessant (P3) la distribució de la humitat va ser molt similar al punt P1.

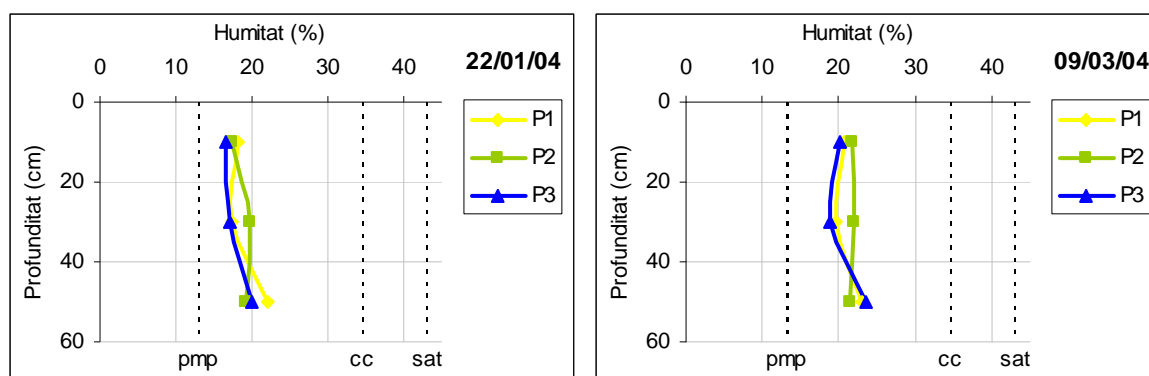


Figura 42. Perfils d'humitat en el període 1-04 a la parcel·la P.

### PERÍODE 2-04 Brotació a quallat

En aquest període de pluges continuades, el contingut d'aigua en el sòl no va mostrar un augment respecte al període anterior. Es va mantenir la mateixa distribució de la humitat que en la mesura anterior, tant en els diferents punts de la parcel·la com en les diferents profunditats.

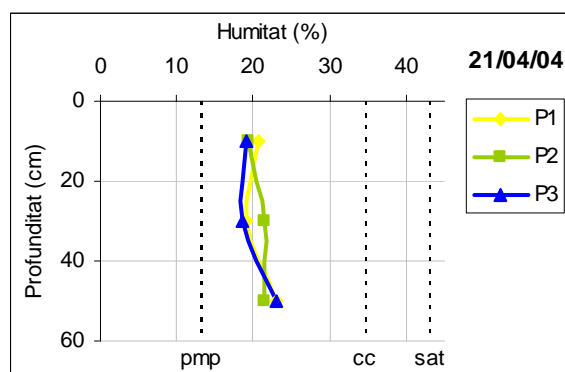


Figura 43. Perfils d'humitat en el període 2-04 a la parcel·la P.

### PERÍODE 3-04 Quallat a verol

A P1 i P3 el sòl es va comportar de manera molt similar: la humitat va disminuir lleugerament, i de manera uniforme. El contingut més baix d'aigua es va trobar sempre en superfície i el més alt en profunditat.

En canvi, a P2, en superfície, la humitat va anar disminuint de manera constant al llarg del període. En la franja intermèdia, hi va haver una disminució al principi, i després es va mantenir constant. A la part més profunda, la humitat va tardar més temps a disminuir, i no ho va fer de forma apreciable fins al final del període.

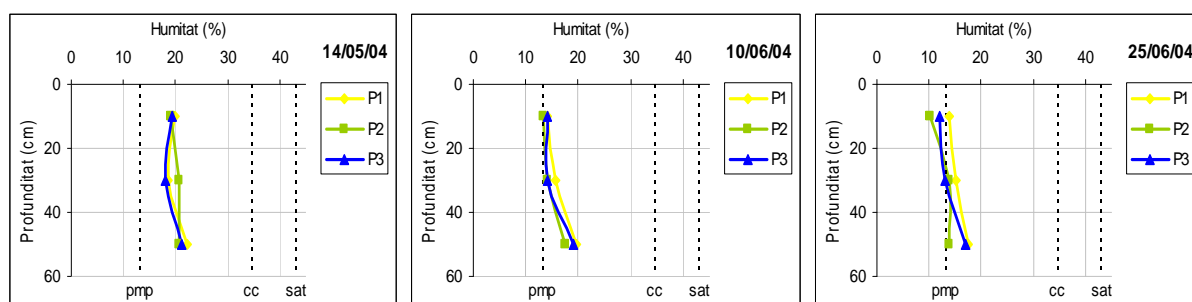


Figura 44. Perfils d'humitat en el període 3-04 a la parcel·la P.

### PERÍODE 4-04 Verol a collita

En aquest període hi va haver molt pocs episodis de precipitació, amb intensitats elevades. Com a resposta, a aquest fenomen, en la part més alta del vessant, el contingut d'aigua no va variar de manera apreciable a cap profunditat.

A P2, el contingut d'aigua va augmentar lleugerament i de manera uniforme en tot el perfil, mantenint-se sempre més humida la franja de 20 a 40 cm. A P3 va ser on la humitat va augmentar més, també de manera uniforme, fins a un contingut d'aigua pràcticament idèntic al del punt 1.

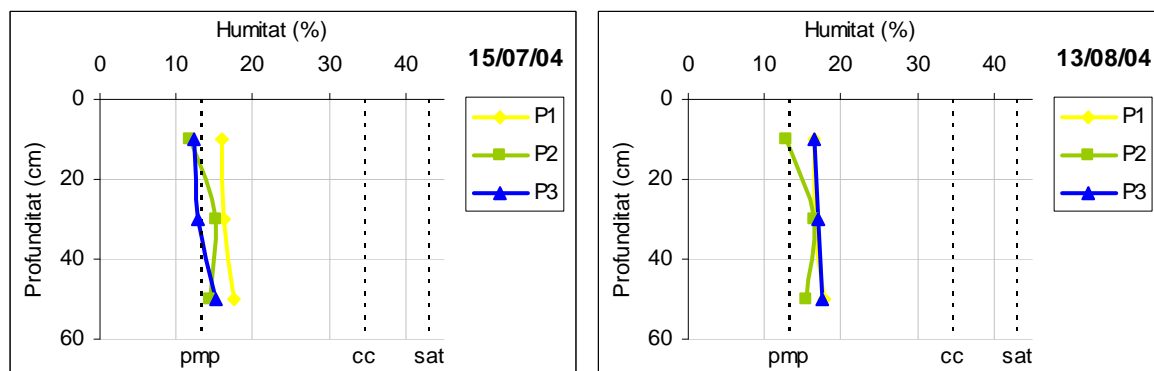


Figura 45. Perfils d'humitat en el període 4-04 a la parcel·la P.

### PERÍODE 5-04 Collita a caiguda de fulles

Entre l'anterior mesura i aquesta hi va haver una sèrie de pluges que no van provocar un augment apreciable de la humitat. L'únic punt on s'aprecia és a P1 en profunditat

En les parts superior i mitja de la parcel·la (punts P1 i P2) no es va observar una variació significativa en el perfil. En la part inferior del vessant (P3) és on s'aprecien més canvis. Mentre que en superfície la humitat va disminuir de manera sensible, a més profunditat, el descens va ser molt menys important.

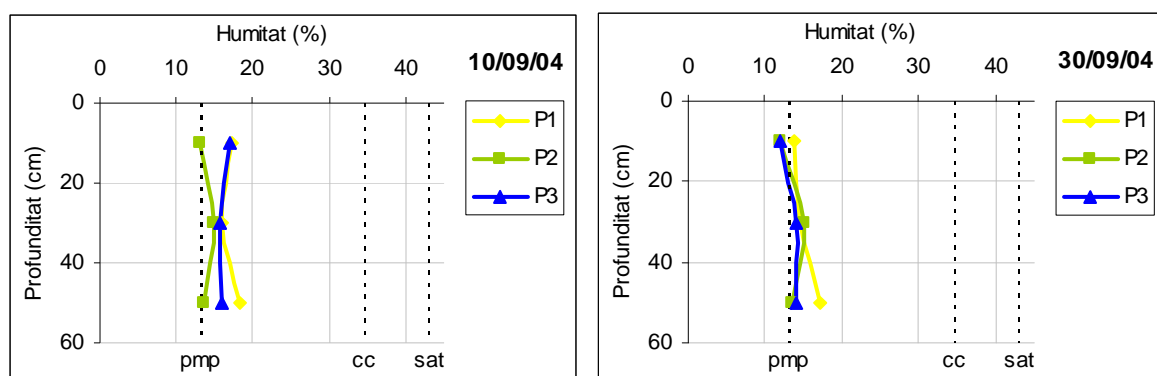


Figura 46. Perfils d'humitat en el període 5-04 a la parcel·la P.

### PERÍODE 6-04 Repòs hivernal

Les pluges de poca quantitat que van caure en aquest període van provocar un increment de la humitat en tots els punts de la parcel·la. En tots tres punts el contingut d'aigua va ser molt similar, i va augmentar molt significativament en superfície i fins a 40 cm, mentre que a més profunditat no es va notar cap variació.

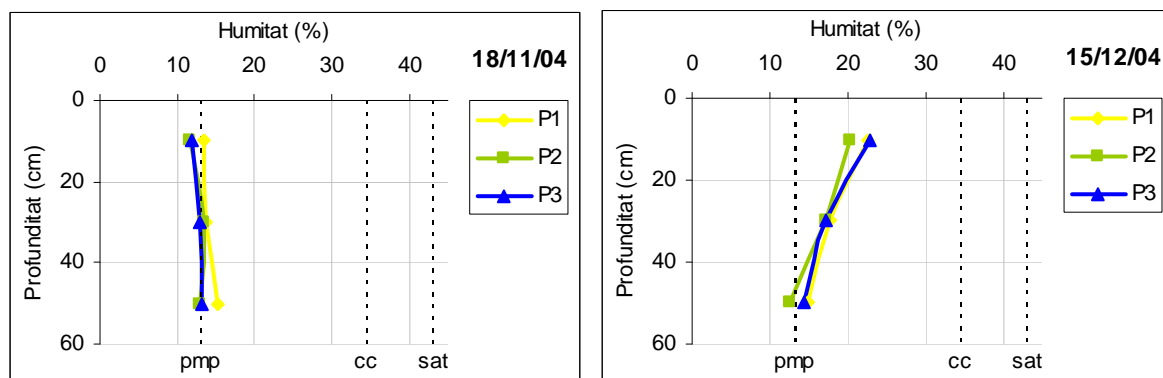


Figura 47. Perfils d'humitat en el període 6-04 a la parcel·la P.

### Comportaments generals al llarg de l'any 2004 de la parcel·la P

Evolució al llarg de l'any: Tal i com es va observar l'any 2003, durant l'any 2004 la part baixa de la parcel·la va patir oscil·lacions més accentuades que la part alta. La zona mitja va tenir un comportament intermedi.

Pel que fa a la distribució en profunditat, la part baixa del vessant també va ser la més variable. Com més amunt de la parcel·la, el perfil del sòl va mantenir la humitat més uniformement. En els punts més baixos és on es van registrar diferències més grans entre la humitat continguda en superfície i en profunditat.

El contingut d'aigua màxim que va emmagatzemar el sòl es va donar en la època de brotació a quallat, coincidint amb el període més plujós d'aquest any. En aquesta situació, el contingut d'aigua en vertical va ser molt uniforme en els tres punts de la parcel·la.

La disponibilitat d'aigua per al cultiu en aquest cas, va ser bona en gairebé totes les mesures realitzades, ja que únicament es van trobar valors per sota del punt de marciment permanent en els mesos d'estiu, en els punts P2 i P3, però només en la franja més superficial del sòl.

Si analitzem la variació de la humitat en funció de les característiques de les pluges: en les pluges de desembre, continuades i de baixa intensitat el sòl es va comportar de manera molt uniforme, l'evolució de la humitat va ser similar en els tres punts. Quantitativament, com més baixa és la posició en el vessant, major és l'esglaonament entre el contingut d'aigua en superfície i en profunditat. El punt més alt del vessant va acumular menys humitat que el punt més baix, però ho va fer de manera més uniforme (va arribar més aigua a les capes profundes). En canvi, en la zona baixa del vessant, la humitat a 40-60 cm no va augmentar.

En l'extrem contrari, hi va haver una pluja amb alta intensitat a principi d'agost que, en la part alta del vessant, va comportar un augment de la humitat petit (un 2%) en totes les capes del sòl. En la part mitja del vessant (P2) l'augment del contingut d'aigua tan sols és apreciable en les capes intermèdia i profunda del sòl. En la part baixa del vessant (P3) l'augment de la humitat va ser més accentuat (un 5-6%), i en totes les profunditats va arribar al mateix nivell. Per tant, com més baixa la posició en el vessant, més aigua va emmagatzemar el sòl i de manera més uniforme en totes les profunditats. Això es pot explicar pel descens de gran quantitat d'aigua d'escorrentia al llarg del pendent.



### 5.2.3.2 Parcel·la T

La Figura 48 mostra l'evolució de la humitat del sòl al llarg de l'any 2004 en la parcel·la T en cada posició de la parcel·la i per a les tres profunditats analitzades.

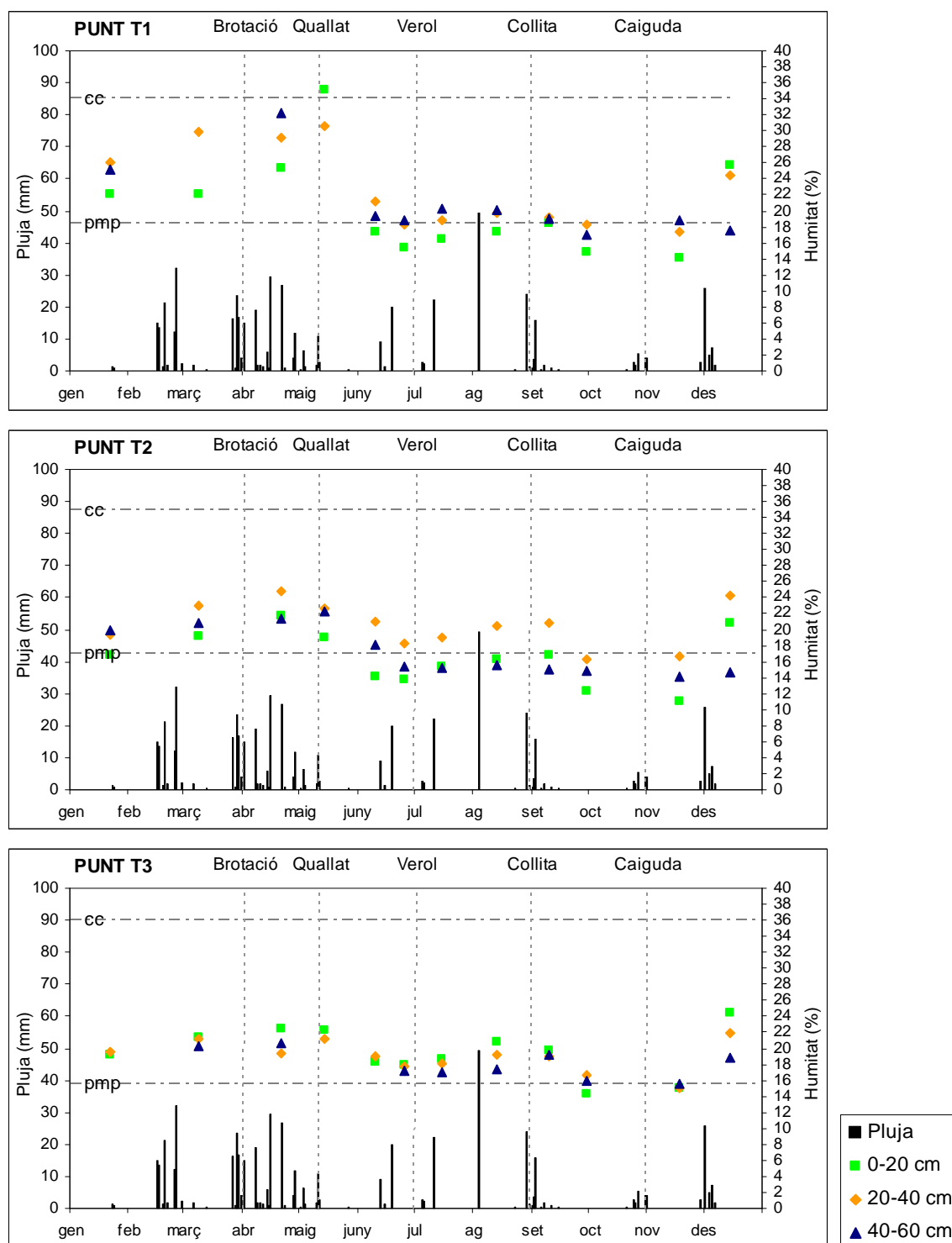


Figura 48. Evolució de la humitat del sòl en la parcel·la T en els tres punts d'estudi, l'any 2004.

### PERÍODE 1-04 Repòs hivernal

En aquest període la distribució de la humitat va ser força heterogènia, comparada amb la parcel·la P.

A T1, el contingut d'aigua es va mantenir constant en superfície, en un nivell intermig entre capacitat de camp i punt de marciment permanent. En canvi, a més profunditat hi va haver un increment molt important de la humitat, i en la part més profunda del sòl es va arribar a saturació, motiu pel qual no hi ha mesura en aquest punt.

A T2, l'únic augment d'humitat que s'aprecia és en la franja de 20 a 40 cm, mentre que a la resta es va mantenir uniforme.

Finalment a T3 no s'aprecia una variació important de la humitat en superfície, però l'increment de 20 a 40 cm i la manca de dades de 40 a 60 cm poden indicar un increment molt important del contingut d'aigua fins arribar a la saturació en la part més profunda.

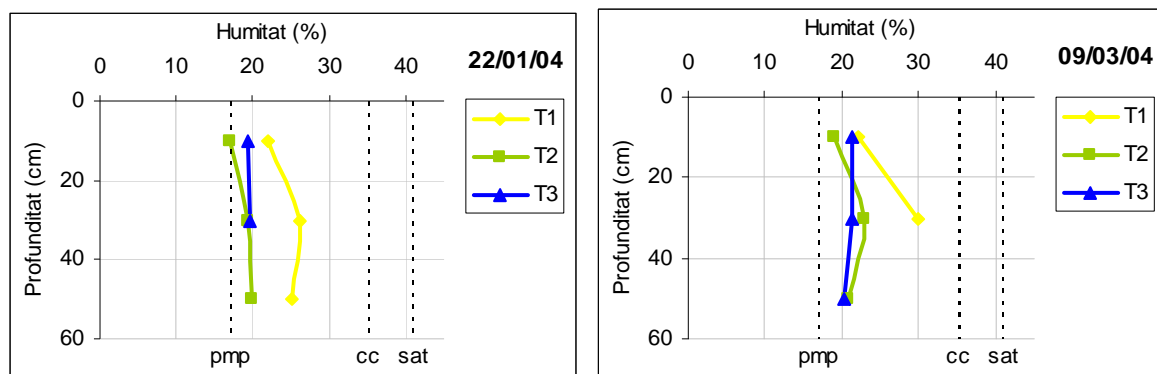


Figura 49. Perfils d'humitat en el període 1-04 a la parcel·la T.

### PERÍODE 2-04 Brotació a quallat

Al contrari que en la parcel·la P, en aquest període els tres punts de la parcel·la van tenir comportaments diferents:

A T1, la humitat va ser inferior respecte al període anterior, tot i la presència de pluges continuades.

A T2, el contingut d'aigua va augmentar lleugerament i de manera uniforme. La humitat en superfície i profunditat es va mantenir sempre més baixa que en les profunditats intermèdies.

A la part baixa del vessant (T3), hi va haver un increment d'humitat significatiu en superfície, mentre que de 20 a 40 cm va disminuir, i per sota de 40 cm es va mantenir constant.

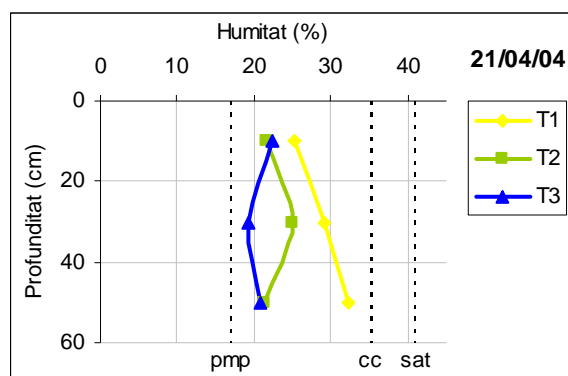


Figura 50. Perfils d'humitat en el període 2-04 a la parcel·la T.

### PERÍODE 3-04 Quallat a verol

A T1, la humitat a l'inici d'aquest període era molt alta, propera a la saturació en superfície i entollada en la franja més profunda (per això no es disposa de mesura). Al llarg del temps, el sòl es va anar assecant, especialment en superfície, i en menor mesura com més profunditat.

A T2, la humitat inicial era molt més baixa que a T1, i hi va haver un descens al llarg del període, que va ser força accentuat en superfície i en profunditat, mentre que en la franja de 20 a 40 cm va disminuir molt poc.

A la part més baixa de la parcel·la (T3), el contingut d'aigua inicialment també era molt inferior a T1, i va anar disminuint lleugerament i de manera uniforme.

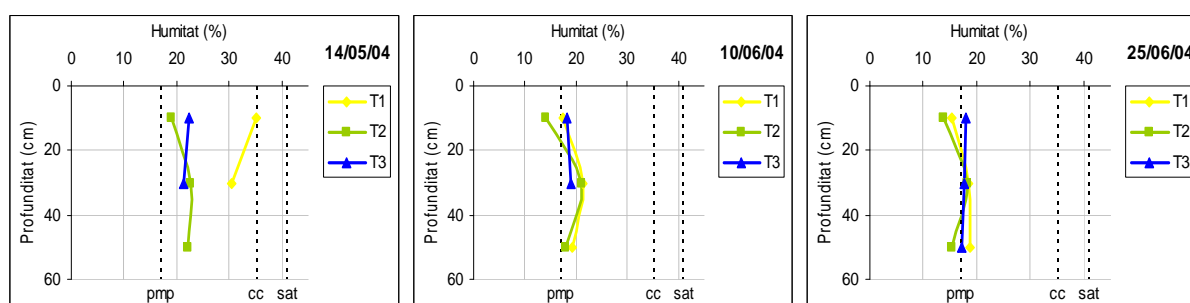


Figura 51. Perfils d'humitat en el període 3-04 a la parcel·la T.

### PERÍODE 4-04 Verol a collita

En aquest període hi va haver un increment molt lleuger de la humitat, de manera uniforme en tots els punts de la parcel·la i a totes les profunditats.

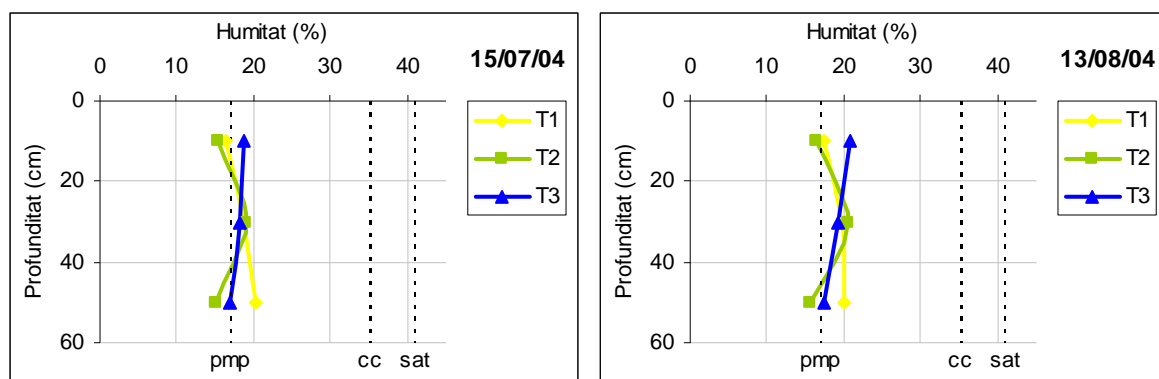


Figura 52. Perfils d'humitat en el període 4-04 a la parcel·la T.

### PERÍODE 5-04 Collita a caiguda de fulles

A T1, en aquest període el sòl es va anar assecant, de manera més accentuada en superfície i en profunditat que en la franja central. A T2 el descens de la humitat va ser apreciable de 0 a 40 cm, i pràcticament no es va notar a més profunditat. A T3, la humitat va evolucionar de la mateixa manera, tot i que en general va disminuir una mica més que a T1.

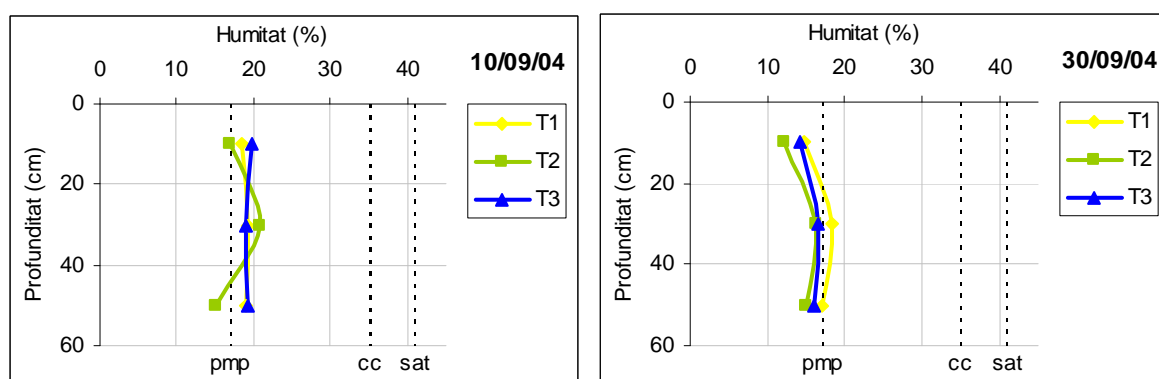


Figura 53. Perfils d'humitat en el període 5-04 a la parcel·la T.

### PERÍODE 6-04 Repòs hivernal

En la parcel·la T, la distribució de la humitat va ser molt heterogènia, al contrari que a P.

A T1 es va donar l'increment d'humitat més gran, però només en la part més superficial del sòl (fins a 40 cm). A la franja més profunda (de 40 a 60 cm), no tan sols no es va donar un increment, sinó que va ser l'únic punt de la parcel·la on el contingut d'aigua va disminuir.

A la part central del vessant (T2), la humitat va incrementar molt en superfície i fins a 40 cm, mentre que en profunditat es va mantenir constant.

A T3 s'aprecia un increment en totes les profunditats, però molt més important en la zona superficial que en la més profunda.

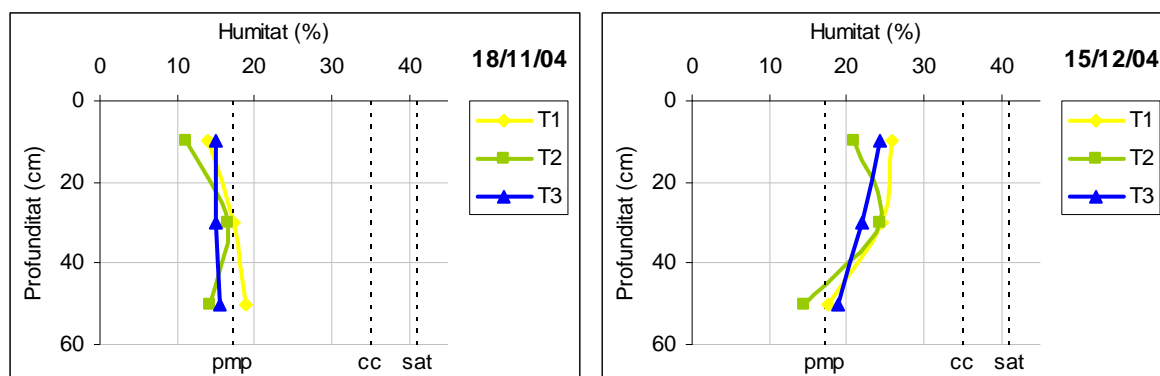


Figura 54. Perfils d'humitat en el període 6-04 a la parcel·la T.

En general, en superfície i en profunditat, els punts T1 i T3 van tenir continguts d'aigua similars, mentre que al centre de la parcel·la (T2) van ser més baixos. En canvi, a la profunditat intermèdia, T1 i T2 són els punts que tenen més aigua, mentre que la part baixa de la parcel·la (T3) la humitat era més baixa. Aquesta diferència no s'observa en cap dels altres anys en aquest període.

### Comportaments generals al llarg de l'any 2004 de la parcel·la T

La gran quantitat de mesures realitzades aquest any permet observar que el punt T1 té tendència a mantenir-se amb un contingut baix d'aigua, amb poques variacions i amb una distribució uniforme en profunditat. Quan plou, s'humiteja molt ràpid, i quan té continguts alts d'humitat, l'aigua es concentra en profunditat, fins a saturar el sòl.

Les pluges d'elevada intensitat dels mesos d'estiu van tenir molt poca influència sobre el sòl. A T1 no es va apreciar cap variació, a T2 i T3 hi va haver un lleuger increment de la humitat, sobretot en superfície a T3, i en la franja de 20 a 40 cm a T2.

En l'època de pluges de final d'any, continuades i de baixa intensitat, la part més baixa del vessant (punt T3) es va comportar igual que la parcel·la P. Abans de les pluges la humitat a T3 era molt uniforme en totes les profunditats, mentre que a T1 i T2 el sòl estava més sec en superfície. Les precipitacions no van afectar la part més profunda del sòl en cap punt, (la humitat fins i tot va disminuir a T1), i en canvi l'augment en superfície va ser molt gran, especialment a T3.

### **5.2.3.3 Resum comparatiu de les dues parcel·les l'any 2004**

L'any 2004 és l'únic en què el contingut mínim d'aigua es va donar al mes d'octubre (època entre la collita i la caiguda de fulles) en comptes de donar-se a l'estiu, en els dies previs a la verema. Això es pot explicar per la distribució particular de les pluges durant aquest any.

Com en els altres anys, la parcel·la T va tenir un contingut més alt d'aigua en tots els punts i durant tot l'any, excepte en els períodes més secs, en què els continguts d'aigua van ser molt similars. No obstant, aquest any hi va haver una diferència més acusada en la distribució de l'aigua al llarg del pendent: a P va ser molt uniforme, mentre que a T hi va haver diferències molt importants (excepte en els períodes més secs).

La distribució de la humitat en profunditat també va ser força diferent en les dues parcel·les durant tot l'any, fins i tot en el punt T3, que altres anys es va comportar de manera més similar a la parcel·la T.

Comparant el comportament del sòl en les dues parcel·les estudiades en funció de diferents condicions climàtiques s'observa que:

En el període de pluges continuades i de baixa intensitat, a principis de desembre, s'observa com a tret comú que la humitat en el sòl es va mantenir força constant en el temps i uniforme en totes les profunditats del perfil en les dues parcel·les (a excepció del punt T2, en què la humitat va disminuir i el contingut d'aigua era força més elevat en la capa intermèdia del sòl que en superfície i en profunditat). Aquestes pluges van provocar un augment de la humitat important en superfície, mentre que en profunditat gairebé no va variar.

Aquest comportament va ser comú a les dues parcel·les, tot i que la parcel·la P es va comportar d'una manera molt més uniforme en totes les posicions del vessant. Probablement la causa és que l'estat d'humitat del sòl abans de les pluges era molt baix, i les precipitacions van ser poc abundants, de manera que tota l'aigua va ser absorbida per la franja més superficial del sòl.

En el cas de la pluja torrencial d'agost, coincideix en les dues parcel·les que la part baixa del vessant va ser la única que va rebre aigua en profunditat, mentre que en les posicions més altes l'aigua només es va infiltrar en els 40 cm més superficials.

### 5.2.4 Estudi de la distribució de la humitat del sòl

En aquest apartat s'estudia la distribució i variabilitat de la humitat en funció de la posició del punt de mesura, tant pel que fa a la profunditat com a la posició en el relleu. Per a això s'han comparat els valors mitjans i de desviació estàndard de totes les dades preses durant els tres anys d'estudi. En la taula següent es mostren els resultats. A més de les tres profunditats mesurades, també s'ha calculat la mitjana de les tres profunditats en cada punt.

Taula 10. Valors mitjans i desviació estàndard del contingut d'aigua en el sòl per a cada punt i profunditat estudiats.

Punt	Prof. (cm)	Mitjana	Desv. Est	Punt	Prof. (cm)	Mitjana	Desv. Est.
<b>P1</b>	<b>0-20</b>	16,67	4,06	<b>T1</b>	<b>0-20</b>	19,68	5,92
	<b>20-40</b>	17,01	2,86		<b>20-40</b>	24,11	6,27
	<b>40-60</b>	17,97	3,87		<b>40-60</b>	20,65	4,19
	<b>Mitjana</b>	17,13	3,35		<b>Mitjana</b>	22,26	5,61
<b>P2</b>	<b>0-20</b>	16,29	4,41	<b>T2</b>	<b>0-20</b>	17,20	3,82
	<b>20-40</b>	17,96	3,83		<b>20-40</b>	20,55	2,87
	<b>40-60</b>	17,44	3,80		<b>40-60</b>	17,67	3,47
	<b>Mitjana</b>	17,15	3,91		<b>Mitjana</b>	18,47	3,19
<b>P3</b>	<b>0-20</b>	15,51	4,24	<b>T3</b>	<b>0-20</b>	18,65	3,88
	<b>20-40</b>	15,53	2,83		<b>20-40</b>	19,07	2,44
	<b>40-60</b>	18,29	3,27		<b>40-60</b>	17,53	3,69
	<b>Mitjana</b>	16,34	3,28		<b>Mitjana</b>	18,77	3,05

Cal tenir en compte que el valor del punt T1 a la profunditat de 40 – 60 cm està subestimat, ja que en els moments en què el sòl es trobava saturat no es van poder realitzar mesures. És de suposar que en aquest punt, tant la humitat mitjana com la desviació estàndard seran més alts que en la franja de 0 a 40 cm d'aquest mateix punt.

En la sèrie de gràfics que es presenta a continuació es pot comparar el contingut d'aigua en el sòl en funció de la seva posició en el relleu, en les dues parcel·les, i classificat per profunditats.

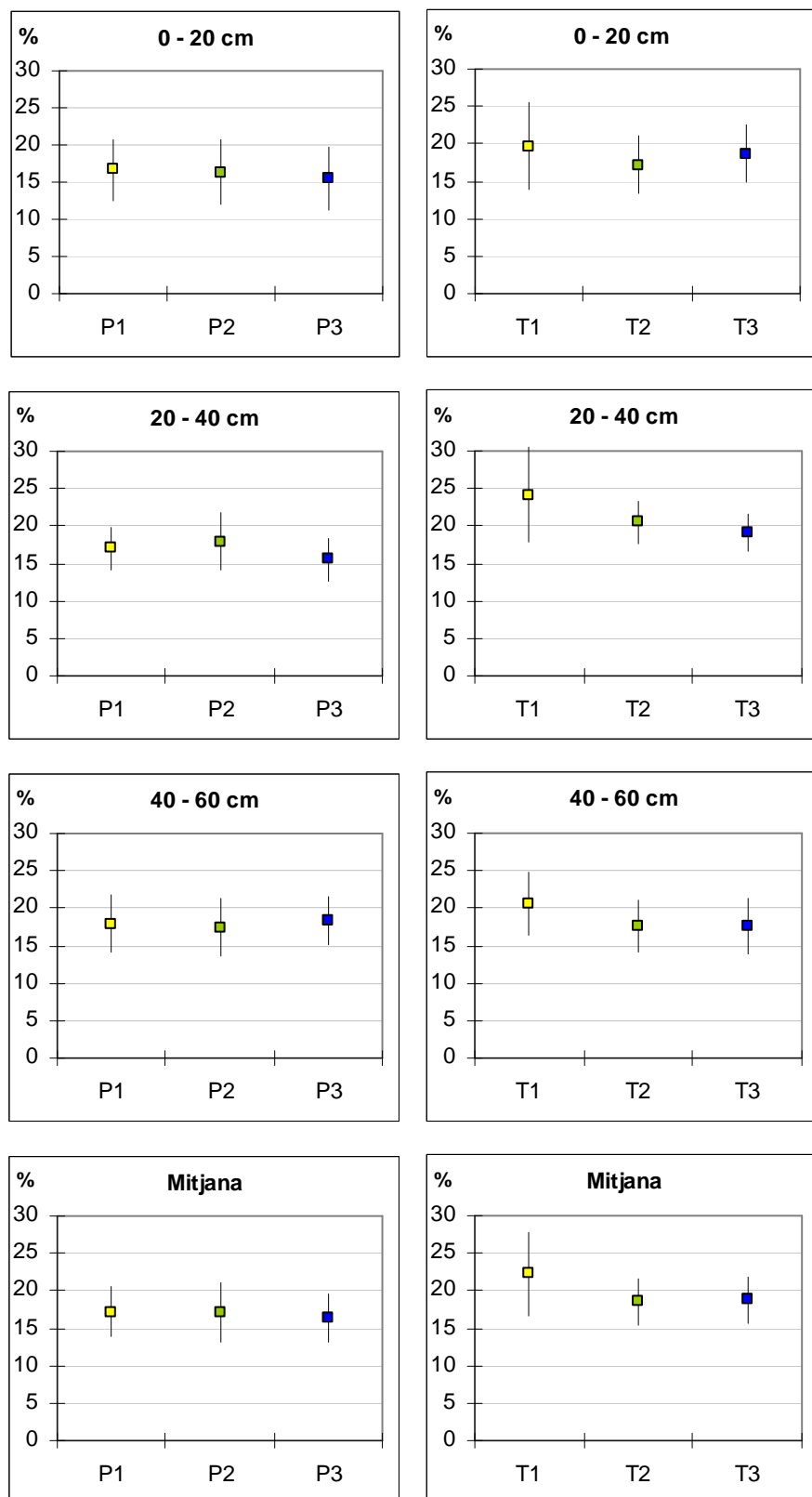


Figura 55. Representació gràfica dels valors mitjans d'humitat i desviació estàndard per a cada profunditat, en funció de la posició en el relleu



#### **5.2.4.1 Distribució en funció de la parcel·la**

S'ha observat que el contingut d'aigua en la parcel·la T és sempre més elevat que en la parcel·la P. És difícil atribuir una causa a aquest fet, ja que probablement és conseqüència de la combinació de diversos factors: el factor principal que diferencia les dues parcel·les és l'alteració de les propietats físiques del sòl però, en aquest cas, difícilment explica un major contingut d'aigua en T, ja que aquesta parcel·la té una capacitat de retenció d'aigua més baixa que P (veure Taula 2). Les causes podrien estar relacionades amb la diferència de consum per part de la vinya, a causa d'un creixement vegetatiu diferent, originat per la varietat cultivada en cada parcel·la, o bé per diferències nutricionals del sòl, o altres causes.

La variabilitat, en canvi, és molt similar en les dues parcel·les, a excepció del punt T1, que té un comportament molt diferent als altres, i que s'anirà descrivint en els apartats següents.

#### **5.2.4.2 Distribució en funció de la posició en el relleu**

A la parcel·la poc transformada (P), s'ha observat que el contingut d'aigua no mostra una tendència clara en funció de la seva posició en el relleu, ja que l'aigua es troba distribuïda de manera relativament uniforme en les diferents cotes de la parcel·la, i el punt més humit és diferent en cada una de les profunditats estudiades. Si prenem el valor mitjà de cada punt, és més humit el punt P1, és a dir, a les cotes més altes, mentre que el punt més sec és P3, és a dir, el punt més baix de la parcel·la. La variabilitat tampoc no mostra cap tendència clara pel que fa a la posició en el relleu, si bé en el punt més baix (P3) sembla lleugerament menor que en els altres.

Pel que fa a la parcel·la transformada (T), s'observa una tendència més clara, i la zona més humida es troba a T1, és a dir, el punt més alt del relleu. Els punts T2 i T3 tenen uns comportaments molt similars entre si, i també molt similars a la parcel·la P, tant pel que fa al contingut d'aigua com a la variabilitat, que són més baixos que a T1. Aquesta diferència de T1 respecte als altres dos punts és molt acusada (especialment de 40 a 60 cm on, com ja s'ha dit, els valors estan subestimats). La causa més probable és que és el punt més afectat per l'anivellació del terreny, i en el qual la profunditat efectiva és molt més baixa que en qualsevol altre punt. Per altra banda, la variabilitat en el punt T1 també és la més alta, és a dir, aquest punt s'asseca i s'humiteja de manera més accentuada que les parts més baixes de la parcel·la.

Aquestes observacions concorden amb [Ridolfi et al. \(2003\)](#), segons els quals en règims d'humitat secs no es donen èpoques amb suficient contingut d'aigua al sòl com per què es produixin fluxos laterals i, per tant, la topografia té poca influència sobre la redistribució de la humitat en el sòl. Els estudis que estableixen correlacions significatives entre la topografia i el contingut d'aigua estan realitzats en sòls amb règims més humit que el cas estudiat aquí ([Famiglietti et al., 1998](#); [Svetlitchnyi et al., 2003](#)).

En general, en les parts més altes del pendent (punts P1-T1) la desviació estàndard en la parcel·la P és molt més baixa que en la parcel·la T, mentre que en les parts baixes (punts P2-T2 i P3-T3), la parcel·la T presenta més uniformitat que P. En general, s'aprecia una lleugera disminució de la variabilitat pendent avall en les dues parcel·les.

Un estudi realitzat en una parcel·la de la mateixa finca durant el mateix període de temps ([Ramos i Martínez-Casasnovas, 2006b](#)), ha donat resultats oposats pel que fa als punts que han patit més alteració del sòl, els quals han mostrat un contingut d'aigua inferior a la resta. Així mateix, en aquest estudi sí que es va evidenciar un augment del contingut d'aigua en les cotes més baixes del pendent. Aquesta diferència en parcel·les tan properes podria ser deguda a la profunditat del sòl, que en la parcel·la estudiada per [Ramos i Martínez-Casasnovas \(2006b\)](#), augmenta vessant avall, mentre que les parcel·les estudiades aquí no tenen grans diferències de profunditat, excepte al punt T1 (veure Taula 2). Pel que fa a la variabilitat, els resultats coincideixen en què les parts més baixes són les més estables al llarg del temps.

#### **5.2.4.3 Distribució en funció de la profunditat**

En tots els punts de totes les parcel·les, la variabilitat més gran es troba en els primers 20 cm de sòl, mentre que la capa intermèdia (de 20 a 40 cm) és la més estable. La única excepció és, de nou, el punt T1, on la variabilitat és molt alta en totes les profunditats. La major variabilitat de la humitat en superfície està constatada en nombrosos estudis, alguns dels quals recollits per [Bárdossy i Lehmann \(1998\)](#).

Pel que fa al contingut d'aigua mitjà, en la parcel·la P la distribució en profunditat també és força uniforme, però amb una lleugera tendència a ser més humit a més profunditat. En canvi, a la parcel·la T, el contingut d'aigua més baix es troba en la capa de 20 a 40 cm, mentre que en superfície i en profunditat, els valors mitjans són similars. El punt T1 té una distribució totalment diferent, en la qual el contingut d'aigua augmenta molt amb la profunditat.

Cal no oblidar, però, que en aquest apartat només es comparen els valors mitjans, i que, com es tractarà més endavant, en diferents situacions climàtiques la distribució de l'aigua varia notablement.

#### **5.2.4.4 Distribució en funció del grau d'humitat del sòl**

Per a analitzar la distribució espacial del contingut d'aigua al sòl en funció de les condicions d'humitat, s'ha seleccionat una data de mesura per any, corresponents a un estat d'humitat màxim, mínim i intermedi, i s'han comparat entre si.

En els moments més secs, quan el contingut d'aigua es troba al voltant del punt de marciment permanent, tots els punts tenen un comportament similar, amb valors molt uniformes en totes les profunditats i en tots els punts del vessant. No s'aprecien diferències importants entre les dues parcel·les i, fins i tot, el punt T1 té un contingut similar als altres punts.

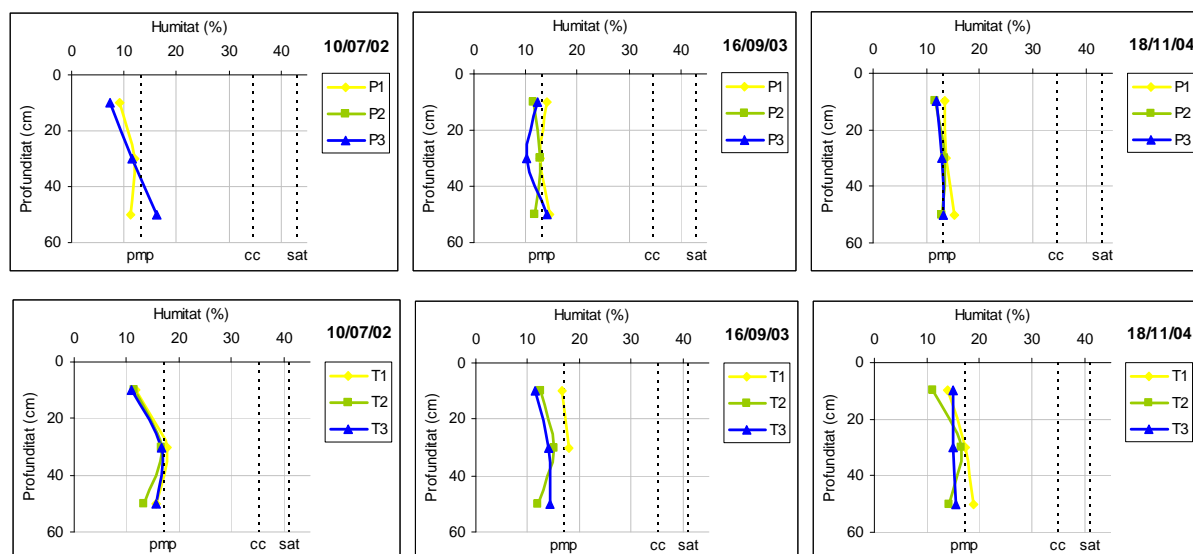


Figura 56. Comparació dels perfils d'humitat en el sòl en els moments més secs de cada any.

En els moments més humits de cada any s'observa més variabilitat espacial que en els moments de sequera, però no gaire més. S'aprecia una variabilitat molt més gran en la parcel·la T que a P. Quan el contingut d'humitat al sòl és alt, en profunditat tendeix a uniformitzar-se (excepte a T1, que es comporta de manera totalment diferent als altres punts, ja que arriba ràpidament a saturació).

En la parcel·la P, els continguts d'aigua tant en superfície com en profunditat són molt uniformes, mentre que en la capa de 20 a 40 cm la humitat es distribueix de manera més variable. En la parcel·la T, la distribució de la humitat i la variabilitat en els dos punts inferiors del vessant (T2 i T3) és molt similar a la de la parcel·la P. En canvi, el punt T1 té un contingut d'aigua molt més elevat que qualsevol altre punt, en la franja de 20 a 60 cm, arribant a saturació per sota dels 40 cm.

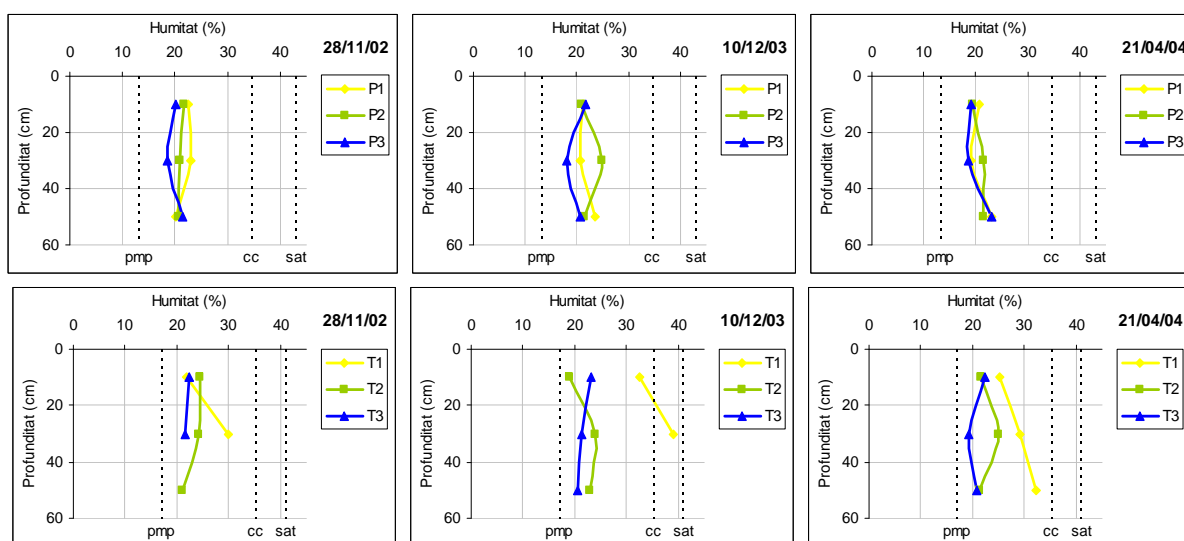


Figura 57. Comparació dels perfils d'humitat en el sòl en els moments més humits de cada any.

En els moments en què el contingut d'aigua no és ni molt baix ni molt alt, no hi ha un comportament del sòl definit, sinó que hi ha una gran diversitat de situacions que donen lloc a diversos tipus de perfils d'humitat en el sòl.

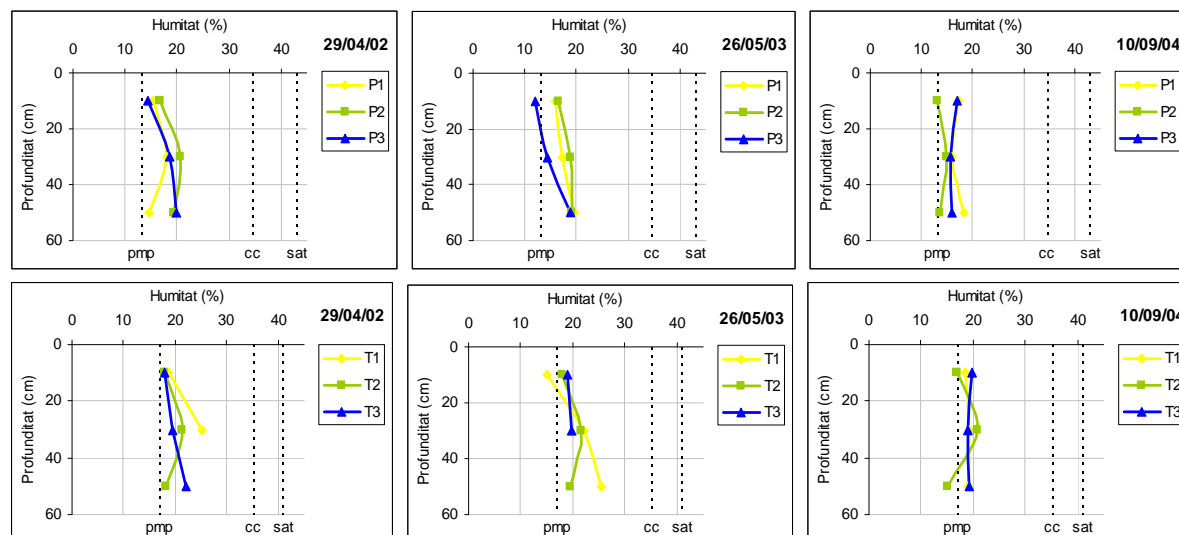


Figura 58. Comparació dels perfils d'humitat en el sòl en moments d'humitat intermèdia de cada any.

De les gràfiques analitzades anteriorment, es pot dir que, coincidint amb el que apunten els estudis de [Llorens et al. \(2003\)](#), i de [Martínez Fernández et al. \(2003\)](#), la variabilitat espacial de la humitat entre perfils va ser més baixa en condicions de sequera i d'elevada humitat, registrant-se les màximes diferències en els estats d'humitat transitoris. Contràriament, autors com [Hupet i Vanclooster \(2002\)](#) o [Famiglietti et al. \(1998\)](#) van trobar una correlació inversa entre la variabilitat i el grau d'humitat que en aquest cas no es dona. Aquests estudis, realitzats en climes humits, mostren, com ja s'havia dit en l'apartat 5.2.4.2, que el comportament de la humitat en el sòl és diferent en funció del règim d'humitat climàtic.

[Ramos i Martínez-Casasnovas \(2006b\)](#), van observar que en les èpoques més humides es feia més patent la influència de la topografia en la distribució de la humitat del sòl, mentre que en les temporades més seques, la distribució era independent de la topografia. En aquest cas, els resultats no mostren que en les dues parcel·les estudiades existeixi redistribució de l'aigua en base al relleu, ni tan sols en els moments més humits: la humitat a P3 i T3 mai no es troba per sobre dels altres punts.

### 5.2.5 Resposta del sòl en front a determinades condicions climàtiques

Segons les dades de què disposem, la humitat del sòl no està forçosament relacionada amb la quantitat de precipitació.

Si es compara la humitat mitjana del sòl per períodes, es pot comprovar que, en el mateix període dels tres anys estudiats, l'any amb més precipitació no coincideix amb l'any en què el sòl té més

humitat. Sí que es pot apreciar una certa relació entre el contingut d'aigua en un període i la quantitat de precipitació del període immediatament anterior. Però el factor que és decisiu en la quantitat d'aigua que arriba a acumular-se al sòl és la intensitat de les pluges, ja que les pluges de més alta intensitat superen la capacitat d'infiltració del sòl, donant lloc a pèrdues d'aigua per escorrentia i, per tant, a un menor increment de la humitat dins del sòl.

Taula 11. Comparació de la precipitació amb la humitat mitjana en cada parcel·la, per períodes.

Període	Estat fenològic	Precipitació (mm)	Humitat mitjana a P (%)	Humitat mitjana a T (%)
1-02	Repòs hivernal	59	-	-
2-02	Brotació - Floració	161,8	18,56	21,65
3-02	Floració - verol	39,4	16,50	18,02
4-02	Verol - Collita	160,6	10,98	13,99
5-02	Collita - Caiguda fulles	145,0	13,84	17,97
6-02	Repòs hivernal	128,6	21,04	23,69
1-03	Repòs hivernal	165,0	20,73	23,30
2-03	Brotació - Floració	51,8	20,05	24,80
3-03	Floració - verol	15,4	16,95	20,00
4-03	Verol - Collita	1,6	-	-
5-03	Collita - Caiguda fulles	178,4	12,69	14,57
6-03	Repòs hivernal	83,4	20,87	25,23
1-04	Repòs hivernal	165,2	18,62	20,86
2-04	Brotació - Floració	129,0	20,62	24,11
3-04	Floració - verol	44,6	16,60	20,26
4-04	Verol - Collita	101,2	15,45	19,01
5-04	Collita - Caiguda fulles	36,2	14,86	17,10
6-04	Repòs hivernal	51,0	15,49	18,36

Com a exemple, la tardor de 2002, les pluges es van caracteritzar per ser abundants i amb intensitats elevades. Això va originar moltes oscil·lacions de la humitat, però no un augment o disminució d'aquesta a nivell global. La tardor de 2003, després d'un període estival molt llarg i sec comparat amb els altres anys, es van donar pluges poc abundants però de baixa intensitat. Com a resultat, amb molta menys pluja, es van mantenir uns valors d'humitat similars als de l'any anterior (amb un màxim aproximat d'un 24%).

En moments en què el sòl parteix d'un contingut d'aigua molt baix, i es donen episodis de precipitació d'intensitat elevada (generalment a la tardor), o bé pluges de baixa intensitat però poc quantioses, el perfil d'humitats s'inverteix. És a dir, en el moment de sequera, la capa superficial és la que conté menys humitat, i en el moment de la pluja, es produeix una recàrrega en superfície, que infiltra cap a la part intermèdia del sòl, però no arriba a la part més profunda. L'increment del contingut d'aigua té

molta uniformitat horitzontal, és a dir, incrementa de la mateixa manera en tots els punts de les parcel·les. En canvi, la distribució vertical és molt poc uniforme, ja que el sòl té tendència a incrementar la humitat molt més accentuadament en superfície que en profunditat, en tots els punts de mesura. Aquesta resposta del sòl només s'observa en dies immediatament posteriors a les primeres pluges.

Quan la durada de les precipitacions és més continuada, la intensitat té menys influència sobre la distribució de la humitat del sòl: tot i que la intensitat excedeixi la capacitat d'infiltració del sòl i, en conseqüència, hi pugui haver pèrdures per escorrentia, si les precipitacions tenen suficient durada, poden arribar a humitejar tot el perfil del sòl, independentment de la intensitat de la pluja. Per tant, en aquests casos, és més determinant la quantitat de precipitació acumulada que no pas la intensitat. Les pluges continuades, en conseqüència, donen lloc a una distribució de la humitat en el perfil més uniforme.

El principal període de recàrrega de la humitat del sòl en les parcel·les estudiades és final d'any (tardor i hivern), coincidint amb les observacions de [Van Wesemael \(2003\)](#). En el període de finals de primavera també es produeix una acumulació d'aigua important en el sòl. Aquesta acumulació, no obstant, no arriba en cap cas a ser tan important com a la tardor, probablement a causa de que en el període de quallat a verol hi ha un consum d'aigua més elevat per part de la vinya.

En els apartats anteriors, les corbes d'humitats en profunditat mostren com en el període de més necessitats hídriques, la humitat del sòl té tendència a disminuir sobretot en profunditat, a causa del consum d'aigua per part de les arrels de la vinya. En superfície també hi ha un assecament significatiu a causa de l'evaporació, mentre que a la capa intermèdia, de 20 a 40 cm, la humitat es manté molt més constant. En la parcel·la no transformada, el contingut d'aigua disminueix més uniformement en el perfil, mentre que en la parcel·la transformada el contrast és més acusat. Dels tres punts al llarg del vessant, el que mostra aquest comportament de manera més clara i en més ocasions és el punt mig de la parcel·la, fins i tot en èpoques en que les parts superior i inferior del vessant mostren corbes completament oposades, és a dir, amb màxims en superfície i profunditat, i mínim a la franja intermèdia.

Davant d'unes mateixes condicions meteorològiques els punts P1 i P3 evolucionen de la mateixa manera, amb l'excepció de la primavera i la tardor de 2002. En la parcel·la T, en canvi, no hi ha punts que tinguin respostes similars davant de fenòmens meteorològics concrets.

### **5.3 BALANÇ HÍDRIC I COMPARACIÓ AMB LES NECESSITATS HÍDRIQUES DE LA VINYA**

La quantitat de precipitació no és un valor que es pugui comparar per si sol amb les necessitats hídriques de la vinya, la seva utilitat és tan sols orientativa, ja que hi ha altres elements que influeixen en la disponibilitat d'aigua per al cultiu. Fóra necessari tenir en compte tots els factors que intervenen en el balanç hídric, i que depenen tant de les característiques de les pluges (distribució, intensitat) com de la capacitat del sòl per a recollir i emmagatzemar l'aigua (capacitat d'infiltració, CRAD, drenatge...). Tots aquests factors no han estat mesurats en aquest estudi; no obstant, es disposa de dades suficients per a modelitzar un balanç hídric que s'aproximi a la realitat.

Per a tenir un element amb què comparar les necessitats hídriques, s'ha modelitzat un balanç hídric en els punts P1, P3, T1 i T3, ja que són els punts dels quals es disposa de dades de capacitat de retenció d'aigua i de producció de raïm (els quals es discutiran més endavant). El balanç s'ha realitzat tal com s'explica en l'apartat de materials i mètodes. Els resultats obtinguts per als tres anys d'estudi i les quatre parcel·les modelitzades es presenten en les figures 59 a 61. L'evapotranspiració i els dèficits es representen amb signe negatiu per tal de facilitar la interpretació dels gràfics; així, els valors positius representen entrades o excessos d'aigua en el balanç mentre que els negatius representen les sortides o els dèficits.

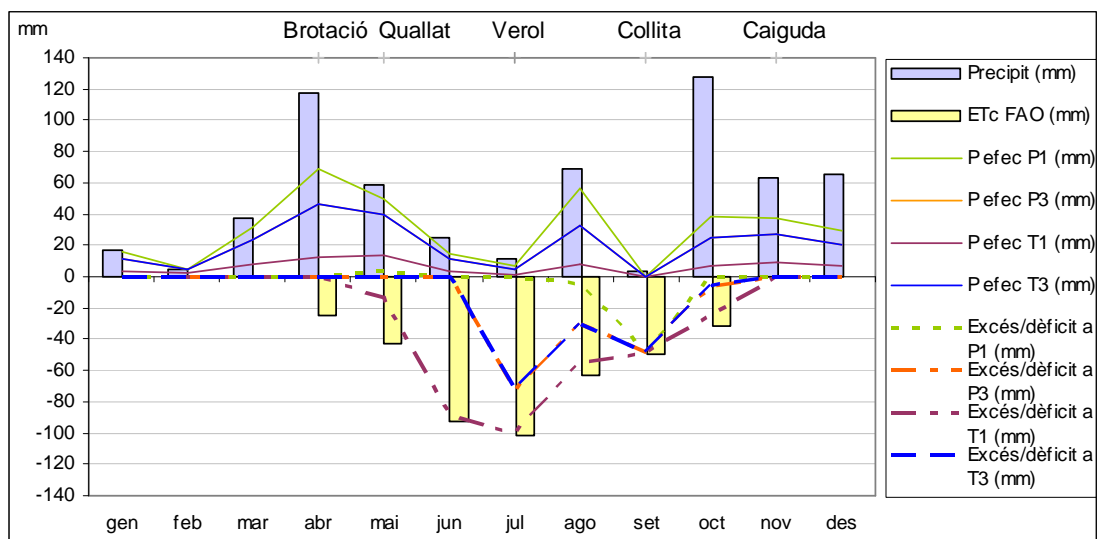


Figura 59. Balanç hídric de l'any 2002.

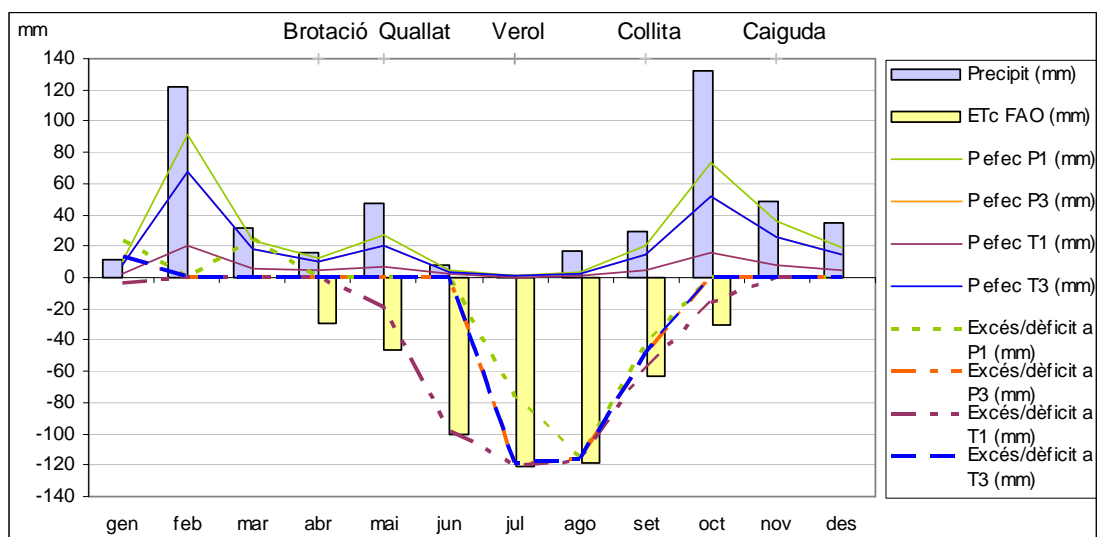


Figura 60. Balanç hídric de l'any 2003.

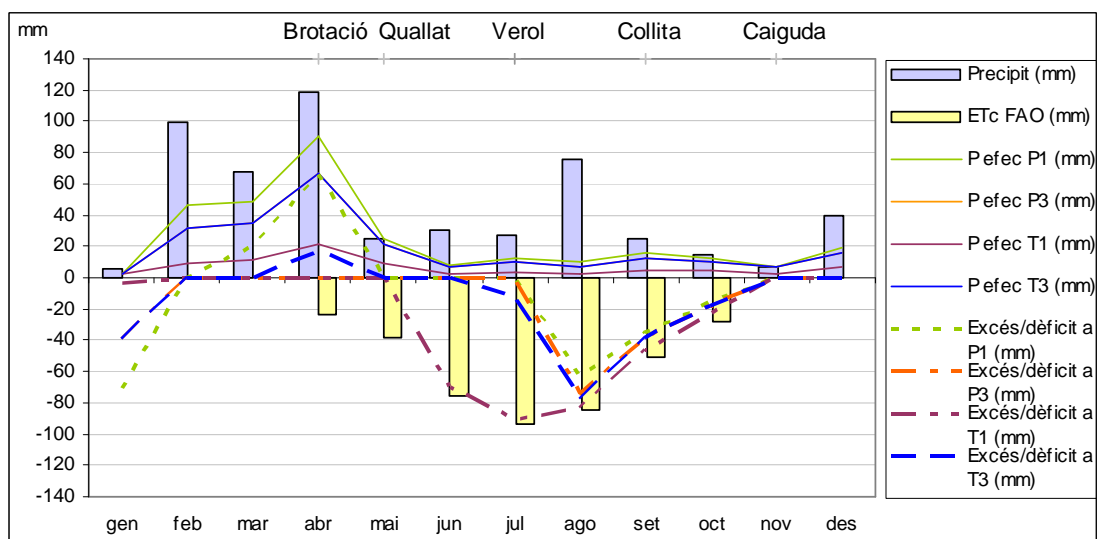


Figura 61. Balanç hídric de l'any 2004.



### 5.3.1 Resultats del balanç hídric

Durant l'any 2002 l'evapotranspiració no va arribar a ser excessivament elevada (420,4 mm, menor que la pluja total). En el període de quallat a verol, la demanda hídrica va ser molt més alta que la precipitació i la reserva del sòl, donant lloc a un increment ràpid i accentuat del dèficit hídric, especialment al punt T1. El màxim dèficit es va donar al final del període, a causa de la manca de precipitació i de l'elevat consum del cultiu. En aquest període, els valors d'humitat al sòl es troben al voltant del punt de marciment permanent. Una certa quantitat de pluja durant el mes d'agost, amb un bon percentatge de precipitació efectiva, va permetre reduir aquest dèficit temporalment.

L'any 2003 l'evapotranspiració va ser més elevada (512,6 mm), degut a temperatures molt altes i una precipitació molt menor a la de l'any 2002, sense aportacions pràcticament durant tot l'estiu. En conseqüència, el dèficit hídric al sòl va ser més elevat i va durar més temps que l'any anterior. Afegit a aquest fet, les dues terceres parts de la pluja de l'any van caure a principi i final d'any, en els moments d'aturada vegetativa del cultiu, mentre que des de la floració fins a la collita, en què la demanda hídrica de la vinya és més elevada, la precipitació va ser molt baixa. La manca de dades d'humitat a l'estiu de 2003 no permet estudiar quina va ser l'evolució de la humitat com a conseqüència d'aquest dèficit, i si hi va haver diferències entre els diferents punts. Atès que els dèficits hídrics assoleixen els mateixos valors en tots els punts estudiats, i són els màxims dels tres anys, es podria deduir que el sòl va arribar a estats de sequera molt accentuats i similars en tots els punts.

Durant l'any 2004 la distribució de les pluges va donar lloc a un dèficit menys accentuat i que es va iniciar més tard, arribant al màxim també amb retard respecte als altres dos anys. No obstant, durant pràcticament tot el cicle vegetatiu del cultiu, la precipitació va ser inferior a l'evapotranspiració, amb la qual cosa el sòl es va trobar proper al punt de marciment permanent durant tots els períodes de majors necessitats. Cal assenyalar que les precipitacions de l'estiu van tenir intensitats molt elevades, donant lloc a valors de precipitació efectiva molt baixos i que, per tant, no van reduir pràcticament el nivell de dèficit.

### 5.3.2 Discussió dels resultats

En els gràfics anteriors es pot observar que el balanç hídric calculat es correspon amb les mesures d'humitat realitzades en camp. En tots els anys, es presenta un dèficit a l'estiu, i el seu màxim coincideix amb la màxima evapotranspiració de l'any. És en aquests moments on les mesures de camp van mostrar amb més freqüència continguts d'aigua al sòl per sota del PMP. Per altra banda, a principis d'any es van donar lleugers excessos d'aigua, excepte l'any 2004 en què hi va haver excés a l'abril, i és en aquests moments en què els valors d'humitat del sòl enregistrats són més alts.

Les diferències entre els diferents punts també corresponen amb els gràfics d'humitat de l'apartat 5.2, de manera que el punt T1 té un comportament diferenciat de la resta, que s'accentua en els períodes

més secs. Això és cert amb l'excepció dels mesos de juliol i agost de 2003, l'any més sec, en els quals tots els punts estudiats assoleixen el mateix nivell de dèficit. Contràriament, en els períodes més humits, el comportament del punt T1 no es reflecteix prou bé en el balanç hídric calculat, ja que ja que aquest punt té tendència a arribar a la saturació en profunditat, mentre que en el balanç hídric no hi figura un excés d'aigua. Això pot estar relacionat amb una certa dificultat de drenatge d'aquest punt, causada per la presència d'un horitzó petrocàlcic a poca fondària i per la presència d'una rasa molt propera T1, de manera que quan plou, l'aigua d'escorrentia procedent de les cotes més altes pot quedar puntualment acumulada en aquest punt, arribant a saturar la capa més profunda del sòl.

Pel que fa a la precipitació efectiva, es pot observar que els pics de pluges de primavera donen com a resultat precipitacions efectives proporcionalment més altes que en les pluges de tardor. Això es correspon amb la intensitat de les precipitacions, que és més elevada a la tardor, com ja s'ha discutit en l'apartat 5.1. El punt on la precipitació efectiva és més elevada és P1, mentre que la més baixa es dona a T1, fet que està directament relacionat amb la capacitat d'infiltració de cada un dels sòls (veure Taula 2).

### **Relació amb les necessitats hídriques de la vinya**

En els tres anys estudiats, els mesos amb major dèficit hídric van ser juny, juliol i agost. Aquests mesos es corresponen amb l'època de maduració dels fruits. Segons s'ha comentat en l'apartat 3.3, els dèficits hídrics al principi de la formació del fruit afecten la mida final d'aquest. Durant la maduració, els dèficits lleugers poden accelerar-la, mentre que si són severos, aquesta es pot retardar.

Al punt T1, tots els anys estudiats es van donar dèficits amb més antelació i més intensitat que en la resta de punts, des del moment del quallat fins a pràcticament la caiguda de fulles. En la resta de punts, que van mostrar un balanç pràcticament igual, en general els dèficits es van iniciar poc abans del verol i van durar fins a poc després de la collita, amb l'excepció de l'any 2004, en què el moment de dèficit es va retardar, allargant-se des del verol fins a la caiguda de fulles.

Per altra banda, l'any 2004 va presentar un excés d'aigua en l'època de brotació de la vinya. Segons la bibliografia esmentada en l'apartat 3.3, si es produeix un entollament que arribi a limitar la disponibilitat d'oxigen, pot afectar el creixement dels nous brots i retardar el verol. En el punt T1 hi va haver saturació del sòl en aquest període, de manera que aquest és un altre factor que pot haver afectat negativament la producció. En l'apartat 5.4 es discutiran les dades de producció obtingudes.

Per últim, la disponibilitat d'aigua entre la collita i la caiguda de fulles pot haver afavorit la renovació de les arrels, resultant en un millor estat de la vinya de cara a la producció de l'any següent. En aquest cas, al punt T1 això no té lloc en cap dels anys estudiats, mentre que sí succeeix en la resta de punts.

## 5.4 PRODUCCIÓ

En la Taula 12 es donen els valors de producció mitjana en cada un dels tres anys d'estudi, en quilograms per cep, i també en tones per hectàrea.

Taula 12. Producció de raïm en les parcel·les d'estudi per als anys 2002 i 2003.

PARCEL·LA	VARIETAT	PRODUCCIÓ 2002		PRODUCCIÓ 2003		PRODUCCIÓ 2004	
		kg/cep	t/ha	kg/cep	t/ha	kg/cep	t/ha
P1	Chardonnay	3,20	7,11	4,37	9,71	3,37	7,48
P3	Chardonnay	4,00	8,89	4,50	10,00	3,61	8,01
T1	Macabeu	1,35	3,00	1,50	3,33	2,35	5,22
T2	Macabeu	3,18	7,05	-	-	-	-
T3	Macabeu	5,35	11,89	4,60	10,22	5,27	11,70
Mitjana P	Chardonnay	3,60	8,00	4,44	9,86	2,99	7,75
Mitjana T	Macabeu	3,29	7,31	3,05	6,78	3,81	8,46

La productivitat mitjana en la finca segons estimació dels seus propietaris és de 3 a 6 kg/cep, i els valors observats aquests tres anys es troben dins d'aquest interval.

Cal dir que les dades de producció en aquest estudi han aportat poca informació útil per a treure conclusions en base a la humitat del sòl en cada parcel·la i cada any. Les dades de producció en els anys estudiats van prendre valors difícils de comparar, ja que la collita es va realitzar de manera diferent cada any:

- L'any 2002 es va veremar a finals d'agost, amb l'objectiu de destinar el raïm a l'elaboració de cava, en la qual es necessita un grau d'acidesa relativament alt i, per tant, un fruit poc madur.
- L'any 2003, en canvi, la collita a finals d'agost va donar molt poca quantitat de raïm. Per aquesta raó es va decidir deixar la major part del raïm sense veremar fins a final de setembre, i destinar-lo a la producció de vi. Durant aquest mes, les pluges moderadament importants van permetre una recuperació considerable de la producció, arribant a valors molt similars als de l'any anterior.
- Finalment, l'any 2004 la verema es va fer de manera similar a 2002.

En general, les dades de producció són coherents amb els balanços hídrics que s'han discutit en l'apartat 5.3. Tot i la poca uniformitat dels resultats, en la Taula 12 es pot apreciar que el rendiment del punt T1 és molt baix respecte a la resta de punts de les dues parcel·les. Aquest punt va ser el que va presentar dèficits més accentuats i perllongats que els altres punts.

El fet que l'any 2003 no es pogués veremar a final d'agost per manca de producció està directament relacionat amb l'elevat dèficit hídric d'aquest any en l'època de desenvolupament dels fruits. Això concorda amb les consideracions de Branas, Bernon i Levadoux (citats per [Hidalgo, 2002](#)), explicades en l'apartat 5.1.1.3, segons les quals una precipitació acumulada inferior a 195 mm, entre els mesos d'abril i agost, és determinant en la resposta de la vinya. No obstant, es podria considerar que per al cas estudiat aquesta limitació no va ser irreversible, ja que una aportació d'aigua durant el mes de setembre va fer recuperar la productivitat.

També es pot observar que la productivitat mostra una certa tendència creixent pendent avall en totes dues parcel·les; no obstant, les diferències dins la parcel·la P són molt petites comparades amb les que es donen en la parcel·la T, fet que es pot relacionar amb les diferències en les propietats hídriques del sòl a la parcel·la T, especialment de T1 respecte a la resta, que són molt més importants que a P.

Centrant-nos en el punt T1, es pot considerar que les característiques de les pluges l'any 2004 van ser les més favorables per a la producció de raïm en un sòl amb tan baixa CRAD i capacitat d'infiltració. És a dir, tot i presentar-se dèficits com en els altres anys, probablement, la distribució més uniforme de les pluges, i un inici d'any més humit van permetre que el dèficit es presentés més tard i el cultiu patís menys estrès hídric en els moments crítics per a la producció.

És de suposar que, en la parcel·la P, el sòl va tenir aigua disponible per a la planta a una profunditat major de 60 cm, tot i que no se'n tenen dades, ja que la part estudiada del sòl (de 0 a 60 cm de profunditat) es va trobar per sota del PMP durant tot el període de creixement i maduració del raïm. Hauria estat necessari fer mesures a major profunditat per a saber si el nivell de producció es va mantenir gràcies a aquesta hipotètica reserva d'aigua.

Un altre factor que reforça aquesta hipòtesi és el comportament general en què, en els períodes de formació i maduració del fruit, es dona una disminució de la humitat molt més accentuada en la capa de 40 a 60 cm que en la capa de 20 a 40 cm. Això pot indicar que una part de l'absorció per part de la planta es fa a aquesta profunditat i, per tant, es pot suposar que a més profunditat també hi podria haver hagut absorció d'aigua.

Per altra banda, si es compara el rendiment en les parcel·les d'estudi amb el rendiment mitjà de les comarques pertanyents a la mateixa denominació d'origen (l'Alt Penedès i l'Anoia) (veure Taula 13), s'observa que els valors obtinguts en la finca d'estudi són similars a aquesta mitjana o fins i tot superiors, amb l'excepció del punt T1 en què la producció és més baixa.

Taula 13. Superfície i producció de raïm a les comarques de Barcelona (DARP, 1999).

COMARCA	SUPERFÍCIE EN PRODUCCIÓ (ha)	RENDIMENT (t/ha)	PRODUCCIÓ (t)
Alt Penedès (DOP)	18.020	8,98	161.787
Garraf (DOP)	1.005	8,36	8.399
Anoia (DOP)	2.232	6,83	15.234
Anoia (Resta)	941	6,84	6.437
Baix Llobregat (DOP)	372	5,34	1.987
Baix Llobregat (Resta)	195	4,96	967
Maresme, Vallès Oriental (DOA)	356	6,11	2.176
Vallès Oriental (Resta)	101	3,94	398
Vallès Occidental	130	5,24	681
Bages (DOP de B.)	566	5,04	2.854
TOTAL	23.918	8,4	200.920

En comparar el rendiment de les parcel·les estudiades en els tres anys en què es disposa de dades, no hi ha grans diferències, és a dir que la variabilitat en la distribució i la quantitat de les precipitacions en els tres anys ha acabat compensant-se per diverses raons, entre les quals caldria tenir en compte el maneig del cultiu en cada circumstància.

## **6 CONCLUSIONS**

Les conclusions més rellevants assolides en el present treball es resumeixen a continuació.

### **6.1 PRECIPITACIONS**

Les precipitacions en els tres anys estudiats tenen una alta variabilitat, com correspon al clima mediterrani: L'any 2002 va ser un any humit – molt humit respecte a la mitjana, mentre que 2003 va ser normal – sec i 2004 normal – humit.

La distribució de les pluges va ser molt diferent en els tres anys, i també diferent dels valors mitjans. Les intensitats, en canvi, van ser més similars.

Les pluges de primavera, en els tres anys, han tingut intensitats més baixes que a la tardor.

### **6.2 DISTRIBUCIÓ DE LA HUMITAT EN EL SÒL**

1. El contingut d'aigua en la parcel·la T és sempre més elevat que en la parcel·la P. La variabilitat, en canvi, és molt similar en les dues parcel·les, a excepció del punt T1, que és el més variable de tots, amb tendència a assecar-se molt i a saturar-se ràpidament. Aquest punt és l'únic amb una profunditat d'arrelament menor a la dels altres punts.
2. La posició en el relleu, en les parcel·les estudiades, no es presenta com un factor determinant del contingut d'aigua en el sòl. Les precipitacions no són suficients com per a afavorir la redistribució lateral de la humitat al llarg del pendent, per la qual cosa els punts més baixos no són més humits. Com a excepció, hi ha el punt T2 que mostra influència d'un flux lateral entre 20 i 40 cm quan la part superior de la parcel·la es troba saturada.
  - A la parcel·la poc transformada (P), ni el contingut d'aigua ni la variabilitat no mostren una tendència clara en funció de la seva posició en el relleu. A la parcel·la transformada (T), la zona més humida es troba al punt més alt del relleu (T1). Els punts T2 i T3 tenen uns comportaments molt similars entre si, i també molt similars a la parcel·la P, tant pel que fa al contingut d'aigua com a la variabilitat.
  - En general, s'aprecia una lleugera disminució de la variabilitat pendent avall en les dues parcel·les.
3. En les parcel·les estudiades, la posició en el vessant no influeix significativament en la dinàmica de la humitat del sòl, mentre que sí que ho fa la profunditat efectiva.

- En tots els punts, la variabilitat més gran es troba en els primers 20 cm de sòl, mentre que la capa intermèdia (de 20 a 40 cm) és la més estable. La única excepció és, de nou, el punt T1, on la variabilitat és molt alta en totes les profunditats.
  - En els moments més secs, tots els punts tenen un comportament similar, i la variabilitat és molt baixa, fins i tot a T1. En els moments més humits la parcel·la T té molta més variabilitat i, en general, la humitat tendeix a uniformitzar-se de 40 a 60 cm.
4. La quantitat de precipitació i la quantitat d'aigua al sòl no estan clarament correlacionades, de manera que en anys amb precipitacions molt diferents han arribat a tenir continguts d'aigua similars.
- En moments en què el sòl parteix d'un contingut d'aigua molt baix, i es donen episodis de precipitació d'intensitat elevada, es produeix una recàrrega en superfície que no arriba a la part més profunda. Aquesta resposta és molt uniforme en tots els punts.
  - Quan les pluges són més continuades, la intensitat de les pluges passa a ser un factor amb menys importància, en favor de la quantitat de precipitació acumulada. A mesura que va augmentant la humitat, es redistribueix uniformement en profunditat.
5. Els moments de màxima reserva d'aigua al sòl són al final dels períodes de pluges importants que, en els tres anys, coincideix amb el final de la tardor. Això es pot explicar bàsicament per dues raons: en primer lloc, les pluges de tardor solen ser més abundants que les de primavera, i en segon lloc, a final de tardor no hi ha consum d'aigua per part de la planta, que es troba en estat de repòs hivernal. Tot i que a la tardor es donen algunes pluges amb intensitats molt més elevades que en primavera, també hi ha pluges importants amb intensitats baixes, amb la qual cosa el contingut d'aigua sol augmentar uniformement en tot el perfil.
- En els períodes de més necessitats hídriques, la humitat del disminueix en profunditat, a causa del consum d'aigua per part de les arrels de la vinya, i en superfície, a causa de l'evaporació, mentre que a la capa intermèdia la humitat es manté més constant. En la parcel·la transformada, aquest contrast és més acusat.
  - Davant de les mateixes condicions meteorològiques, els punts P1 i P3 evolucionen de manera molt similar. En la parcel·la T, en canvi, no hi ha punts que tinguin respostes similars davant de fenòmens meteorològics concrets.

### 6.3 NECESSITATS DE LA VINYA I PRODUCCIÓ

Les parcel·les estudiades presenten dèficits hídrics com a mínim des del verol fins a la collita. La durada i intensitat d'aquests dèficits depèn en gran mesura de la intensitat de les precipitacions i la seva distribució al llarg de l'any.

El sòl al punt T1 presenta dèficits més acusats i més perllongats en el temps que la resta de punts. Així mateix, la producció de raïm en aquest punt no arriba ni a la meitat de la de qualsevol dels altres punts.

En l'any més sec (2003), el creixement i la maduració del raïm es van retardar, fet que pot atribuir-se a un dèficit hídric molt elevat abans i després del verol, en tots els punts estudiats. No obstant, la producció de raïm no es va veure reduïda significativament, perquè el cultiu va disposar novament d'aigua al final de la maduració. Seria interessant avaluar els efectes de la manca d'aigua sobre la qualitat d'aquest raïm.

Les estratègies adoptades en el maneig del cultiu, concretament en la collita, tenen un paper important en l'atenuació dels efectes del dèficit hídric en els anys més secs.

Caldria disposar de dades d'humitat a profunditats majors de 60 cm, en aquells punts on el sòl és més profund, ja que les dades de producció obtingudes suggereixen que durant els mesos d'estiu (període de creixement i maduració del fruit), la vinya ha disposat d'aigua suficient com per a mantenir la producció. Aquestes dades contrasten amb els valors d'humitat del sòl obtinguts fins a 60 cm de profunditat, que mostren, especialment durant l'any 2003, un clar dèficit hídric.

### 6.4 ASPECTES QUE ES PODEN MILLORAR

En aquest projecte s'ha tractat de comparar, amb dades de diversos anys, si situacions similars de precipitació i estat previ d'humitat del sòl produeixen el mateix tipus de resposta en cada punt, si hi ha diferències entre els punts i les possibles causes d'aquestes diferències.

Una manera d'obtenir informació complementària, seria realitzar mesures d'humitat amb molta més freqüència, per tal de conèixer més acuradament les diferents respostes del sòl davant de situacions climàtiques concretes. Hi ha diversos estudis en els quals s'han realitzat mesures amb freqüència diària o setmanal, i que han permès saber realment com afecta cada pluja a la humitat del sòl. No obstant, cal tenir en compte que s'han realitzat en períodes de temps curts, ja que són tasques molt consumidoras de feina, i que són difícils d'aplicar per a estudiar un període tan llarg com en aquest treball, a no ser que s'automatitzi la presa de dades.

Una millora per a aquest projecte, podria ser fer una presa de dades més regular, sempre amb els mateixos intervals de temps, o bé després d'episodis de pluges significatius, per a tenir dades més



uniformes i més elements per a comparar. Es podria plantejar un calendari de mesures en funció de les pluges, per exemple, després d'un episodi de pluges, mesurar el dia després, passada una setmana i passades tres setmanes. El problema d'aquest plantejament és la dedicació que requereix.

També seria útil instal·lar més punts de mesura en les parcel·les, i estudiar la variabilitat de les característiques del sòl, ja que és un factor que pot influir molt en la distribució de l'aigua i que no es coneix suficient en aquest cas.

A més, seria interessant realitzar un balanç hídric acurat, per la qual cosa seria necessari obtenir dades més acurades de capacitat d'infiltració, escorrentia, percolació, evapotranspiració real, en comptes d'estimada...

Per altra banda, com en tota mesura de camp, hi ha problemes pràctics difícils d'evitar, com el deteriorament del material que està al camp, o la dependència de la meteorologia per a realitzar les mesures. A més, el fet que la finca experimental sigui una explotació privada, causa que en determinats moments sigui difícil compatibilitzar la presa de dades i l'activitat normal de l'explotació. Les actuacions que es realitzen al llarg de l'any varien en funció de les necessitats de l'explotació, de manera que no es mantenen uns criteris fixes durant tres anys seguits. L'exemple més clar en el present estudi ha estat la impossibilitat de disposar de dades de producció de raïm, ja que cada any s'ha seguit un criteri de collita diferent.

## 7 BIBLIOGRAFIA

**ALCAÑIZ, J.M.; BOIXADERA, J.; FELIPÓ, M.T.; ORTIZ, O.; POCH, R.M.** (2004). "El sol i el canvi climàtic: El paper dels sòls de Catalunya en el canvi climàtic". A: *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* [en línia]. CONSELL ASSESSOR PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE. Generalitat de Catalunya. p. 30-32. Disponible a Internet [arxiu pdf]: [http://www.cat-sostenible.org/pdf/cc\\_catala.pdf](http://www.cat-sostenible.org/pdf/cc_catala.pdf)

**ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.; RAES, D. i SMITH, M.** (1998). *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, núm. 56*. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. ISBN 92-5-104219-5. Disponible a Internet: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>

**ANTON FERNANDEZ, C.** (2001). *Cálculo de tasas de erosión y modelización de la erosión en barrancos en el Alt Penedès – Anoia (Cataluña)*. Tutor: Martínez Casasnovas, J.A. Projecte Final de Carrera. Universitat de Lleida.

**AYALA, F.** (2004). "La realidad del cambio climático en España y sus principales impactos ecológicos y socioeconómicos". *La columna verde* [en línia]. [Consultat 6 d'agost de 2004]. Disponible a Internet: [http://www.infoecologia.com/Opinion/varios/ayala\\_clima\\_20040422.htm](http://www.infoecologia.com/Opinion/varios/ayala_clima_20040422.htm)

**BÁRDOSSY A., LEHMANN W.** (1998). "Spatial distribution of soil moisture in a small catchment. Part 1: geostatistical analysis". *Journal of Hydrology* [en línia]. Vol. 206, pp 1-15. Disponible a internet [arxiu pdf]: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**DARP** (1999) *Estadístiques agrícoles*. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya. Disponible a Internet [arxiu pdf]: [www.gencat.net/darp/c/dades/publicac/99anesag.pdf](http://www.gencat.net/darp/c/dades/publicac/99anesag.pdf)

**DARP** (2001). *Anuari Estadístic de Catalunya*. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya. Disponible a Internet: <http://www.gencat.net/darp/liliblanc.htm>

**DARP** (2001). *Llibre blanc del sector agrari*. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya. Disponible a Internet: <http://www.gencat.net/darp/liliblanc.htm>

**CUEVAS, E.; BAEZA, P.; LISSARRAGUE, J.R.** (1999). "Effects of 4 moderate water regimes on seasonal changes in vineyard evapotranspiration and dry matter production under semi-arid conditions". *Acta Horticulturae (ISHS)*, núm. 493, p. 253-260.

**DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H.** (1979). *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y drenaje, núm. 33.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. ISBN 92-5-300744-3

**DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O.** (1977). *Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y drenaje, núm. 24.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. ISBN 92-5-300136-4

**FAMIGLIETTI J.S, RUDNICKI J.W., RODELL M.** (1998). "Variability in surface moisture content along a hillslope transect: Rattlesnake Hill, Texas". *Journal of Hydrology* [en línia]. Vol. 210, pp. 259-281. Disponible a internet [arxiu pdf]: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**FERREYRA, R.; SELLÉS, G.; RUIZ, S.; SELLÉS, I.** (2003). "Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino". *Agricultura Técnica* [en línia]. Vol. 63, núm. 3, p. 277-286. ISSN: 0365-2807. Disponible a Internet: <http://www.inia.cl/at/agritec.htm>

**HIDALGO, L.** (2002). *Tratado de viticultura general.* 3ª edición revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. ISBN 84-8476-068-5

**HSIAO, T.C.** (1993). "Growth and productivity of crops in relation to water status". *Acta Horticulturae (ISHS)*, núm. 335, p. 137. ISBN 90-6605-375-5. Disponible a internet: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**HUPET F., VANCLOOSTER M.** (2002) "Interseasonal dynamics of soil moisture variability within a small agricultural maize cropped field". *Journal of Hydrology* [en línia]. Vol. 261 pp. 86-101. Disponible a internet [arxiu pdf]: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**IMKO.** Manual d'instruccions de l'aparell TRIME-FM. [en línia]. Disponible a internet [arxiu pdf]: [http://www.atd.ucar.edu/rtf/facilities/isff/sensors/trime/FM-manual\\_e.pdf](http://www.atd.ucar.edu/rtf/facilities/isff/sensors/trime/FM-manual_e.pdf)

**JACKSON, S.** (2003). "Comparison of calculated and measured volumetric water content at four field sites". *Agricultural Water Management* [en línia], vol. 58, núm. 3, p. 209-222. Disponible a internet: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03783774>

**JIMÉNEZ-DELGADO, M.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; RAMOS, M.C.** (2003). "Impacte de les Transformacions de terres i canvis d'usos del sòl en l'erosió hídrica en vinyes de l'Alt Penedès – Anoia". A: *Els Paisatges de la Vinya*. Actes núm. 5, p. 279 – 286. Publicacions del Centre d'Estudis del Bages, Manresa. ISBN 84-87618-76-6.

**KLEIN TANK A.M.G.; KÖNNEN G.P.** (2003). "Trend in studies of daily temperature and precipitation extremes in Europe 1946-99". *Journal of Climate*, vol. 16, p. 3665-3680.

**LLEBOT, J. E.** (2004). *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, Generalitat de Catalunya. Disponible a Internet [arxiu pdf]: [http://www.cat-sostenible.org/pdf/cc\\_catala.pdf](http://www.cat-sostenible.org/pdf/cc_catala.pdf)

**LLORENS, P.; LATRON, J.; GALLART, F.** (2003). "Dinámica espacio-temporal de la humedad del suelo en un área de montaña mediterránea. Cuencas experimentales de Vallcebre (Alto Llobregat)". A: ÁLVAREZ-BENEDÍ, J.; MARINERO, P. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. Vol. VI [en línea]. Disponible a Internet [arxiu pdf]: <http://www.zonanosaturada.com/zns03/zns03.htm>

**MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J.; CEBALLOS BARBANCHO, A.; CASADO LEDESMA, S.; MORÁN TEJEDA, C.** (2003). "Estabilidad temporal de la humedad edáfica bajo diferentes condiciones ambientales mediterráneas y de uso del suelo". A: ÁLVAREZ-BENEDÍ, J.; MARINERO, P. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. Vol. VI [en línea]. Disponible a Internet [arxiu pdf]: <http://www3.usal.es/~hidrus/pdf/Estabilidad.pdf>

**MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.** (1998). "Suelo-Paisaje-Erosión. Erosión por cárcavas y barrancos en el Alt Penedès – Anoia (Cataluña). Un enfoque de estudio mediante tecnologías de la información espacial: Bases de datos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección". Tesis Doctoral. Director: Dr. Jaume Porta Casanellas. Universitat de Lleida.

**MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; RAMOS, M.C.; RIBES-DASI, M.** (2002). "Soil erosion caused by extreme rainfall events: mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models". *Geoderma* [en línea]. Vol. 105, pp. 125-140. Disponible a Internet: <http://www.elsevier.com/locate/geoderma>

**MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; PORTA, J.; BOIXADERA, J.; RAMOS, M.C.** (2003). "Suelos de viña del Alt Penedès – Anoia: características y procesos de degradación por manejo y erosión hídrica". A: FERRER, LL. (coord.) (2003). *Els paisatges de la Vinya. Comunicacions del Congrés de Manresa*. Col·lecció Actes, núm. 5. Centre d'Estudis del Bages; Consell Regulador de la D.O. Pla de Bages, Manresa. p. 287-294. ISBN 84-87618-76-6.

**MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; RAMOS, M.C.** (2004). "The Cost of Soil Erosion in Vineyard Fields of the Penedès – Anoia Region (NE Spain)". *Eurosoil 2004; Symposium-10 Soil Erosion*. Publicació en CD.

**MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J.A.; RAMOS, M.C.; RIBES-DASI, M.** (2005). "On-site effects of concentrated flow on erosion in vineyard fields: some economical implications". *Catena* [en línea]. Vol. 60, pp. 129-146. Disponible a Internet: <http://www.elsevier.com/locate/catena>

**MARTÍNEZ-MENA, M.; CASTILLO, V.; ALBALADEJO, J.** (2001). "Hydrological and erosional response to natural rainfall in a semi-arid area of south-east Spain". *Hydrological Processes* [en línea].

Vol. 15, p. 557-571. Disponible a Internet: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/78001948/PDFSTART>

**MULLIGAN, M.** (1996). *Modelling the hydrology of vegetation competition in a degraded semiarid environment*. Tesis doctoral no publicada. Departament de Geografia, King's College London, University of London.

**NACCI, S.** (2001). *Alteraciones del régimen hídrico del suelo asociadas a la sistematización y cambios en el manejo de tierras con viña de secano en el Anoia-Alt Penedès*. Tesis doctoral. Directors: Ramos M.C, Pla I. Universitat de Lleida.

**NACCI, S.; RAMOS, M.C.; PLA, I.** (2002). "Dynamics of the Soil Physical Properties in Vineyards highly Mechanized of the Anoia-Alt Penedès Region. Catalunya, Spain." A RUBIO *et al.* (eds.). *Man and Soil at the Third Millenium. Third International Congress of the ESSC*, pp. 1615-1624. Geoforma, Logroño. ISBN 84-87779-47-6.

**PENEDÈS DENOMINACIÓ D'ORIGEN** [en línia]. TROC Sistemes Informàtics i d'Organització, S.A. Vilafranca del Penedès. [Consultat 23/3/04]. Disponible a Internet: <http://www.dopenedes.es>

**PERSSON, M.; HARIDY, S.** (2003). "Estimating Water Content from Electrical Conductivity Measurements with Short Time-Domain Reflectometry Probes". *Soil Science Society of America Journal* [en línia]. Vol 67, núm. 2, p. 478-482. Disponible a Internet: <http://soil.scijsournals.org/contents-by-date.0.shtml>

**PLA, I.; NACCI, S.** (2001). "Impacts of mechanization on surface erosion and mass movements in vineyards of the Anoia and Alt Penedès Area (Catalonia-Spain)". A: STOTT, D.E.; MOHTAR, R.H.; STEINHARDT, G.C. (eds.). *Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*. p. 812-816.

**PORTA, J.; LÓPEZ ACEVEDO, M.; ROQUERO, C.** (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª edició. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. ISBN 84-8476-148-7.

**PRICHARD, T.** (2001). *Soil moisture measurement technology*. University of California Davis. Disponible a Internet [arxiu pdf]: <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/40/975.pdf>

**PRICHARD, T.; VERDEGAAL, P.** (2001). *Effects of water deficits upon winegrape yield and quality*. University of California Davis. Disponible a Internet [arxiu pdf]: <http://ucce.ucdavis.edu/files/filelibrary/40/973.pdf>

**RAMOS, M.C.** (2001). "Rainfall distribution patterns and their change over time in a Mediterranean area". *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 69, núm. 3-4, p. 163-170.

**RAMOS M.C, MARTÍNEZ-CASASNOVAS J-A** (2006a). "Trends in precipitation concentration in the Penedès-Anoia region, NE Spain: extreme events and dry periods". *Climatic change* vol. 74, pp. 457-474.

**RAMOS M.C, MARTÍNEZ-CASASNOVAS J-A** (2006b). "Impact of land levelling on soil moisture and runoff variability in vineyards under different rainfall distributions in a Mediterranean climate and its influence on crop productivity". *Journal of Hydrology* [en línia]. Vol. 321, pp. 131-146. Disponible a internet [arxiu pdf]: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**RIDOLFI L., D'ODORICO P., PORPORATO A. RODRÍGUEZ-ITURBE I.** (2003). "Stochastic soil moisture dynamics along a hillslope". *Journal of Hydrology* [en línia]. Vol. 272 pp. 264-275. Disponible a internet [arxiu pdf]: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**SÁNCHEZ-PÉREZ, J.M., LAURENT, J.P.; BOHY, M.; AUZET, A.V.; THONY, J.L.** (1999). "Evaluación de un nuevo método de caracterización del perfil hídrico del suelo a partir de la inversión de una sola señal TDR". A: R. Muñoz-Carpena, A. Ritter, C. Tascón (eds.) *Estudios en la Zona no Saturada del Suelo*. p. 33-38. ICIA: La Laguna. Disponible a Internet [arxiu pdf]: <http://www.icia.rcanaria.es/eventos/zns99/pdf/i-05.pdf>

**SEBASTIÀ, M.T.; CASALS, P.; DOMÍNGUEZ, G.; COSTA, J.** (2004). "Agricultura i silvicultura" A: *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. CONSELL ASSESSOR PER AL DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE [en línia]. Generalitat de Catalunya. p. 19-21. Disponible a Internet [arxiu pdf]: [http://www.cat-sostenible.org/pdf/cc\\_catala.pdf](http://www.cat-sostenible.org/pdf/cc_catala.pdf)

**SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA** (2003). Informe de la precipitació enregistrada a Catalunya durant el darrer any pluviomètric [en línia]. [Consultat 26 d'abril de 2004]. Disponible a Internet: <http://www.meteo.cat>

**SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA** (2008). *Manual d'estil: Interpretació de les informacions meteorològiques*. Publicacions breus del Servei Meteorològic de Catalunya, 1. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Disponible a internet [arxiu pdf]: [http://www.meteocat.com/mediamb\\_xemec/servmet/pagines/Publicacions/manual\\_estilv2.pdf](http://www.meteocat.com/mediamb_xemec/servmet/pagines/Publicacions/manual_estilv2.pdf)

**SLACK, D.C.; MARTIN, E.C.** (1999). "Irrigation water requirements of wine grapes in the Sonoita wine growing region of Arizona". A: NUNAN, L.; KILBY, M.W. (eds.) *1999 Wine Grape Research Report*. College of Agriculture, University of Arizona. Tucson, Arizona. Disponible a Internet: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1148/>

**SOIL SURVEY STAFF** (1998). *Keys to Soil Taxonomy*, 8<sup>th</sup>. ed. Agriculture Handbook 436. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. US Govt Printing Office, Washington, D.C.

**SVETLITCHNYI, A.A.; PLOTNITSKIY, S.V.; STEPOVAYA, O.Y.** (2003). "Spatial distribution of soil moisture content within catchments and its modelling on the basis of topographic data". *Journal of Hydrology* [en línia], vol 277 núm 2 (2003) p. 50–60. Disponible a Internet:

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/00221694>

**TAPIAS PANTEBRE, J.C.; SALGOT DE MARÇAY, M.; CASAS PONSATI, A.** (2001). "Utilidad de la técnica TDR para la medida de la variación espacial y temporal de la humedad del suelo en campos de golf". *Edafología* [en línia]. Vol. 8, núm. 3, p. 1-10. Disponible a Internet [arxiu pdf]:

<http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo8c/a1v8ct.pdf> [Consultat 22 d'abril de 2004]

**UNIVERSITAT DE LLEIDA. SERVEI DE BIBLIOTECA I DOCUMENTACIÓ** (2005). *Servei de Biblioteca i Documentació* [en línia]. [Lleida: Servei de Biblioteca i Documentació de la Universitat]. [Consultat: 18 d'abril 2005]. Disponible a Internet: <http://www2.bib.udl.es>

**VAN WESEMAEL, B.; CAMERAAT, E.; MULLIGAN, M.; BURKE, S.** (2003). "The impact of soil properties and topography on drought vulnerability of rainfed cropping systems in southern Spain". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, núm. 94, p. 1–15.

**VAN WESEMAEL, B.; MULLIGAN, M.; POESEN, J.** (2000). "Spatial patterns of soil water balance on intensively cultivated hillslopes in a semi-arid environment: the impact of rock fragments and soil thickness". *Hydrological processes*, núm. 14, p. 1811-1828.

**VICENTE SEGURA, S.** (2000). *Estudi de la variabilitat espacial i temporal de les pluges a les comarques de l'Alt Penedès i l'Anoia (Barcelona)*. Tutora: Ramos Martín, M.C. Projecte final de carrera. Universitat de Lleida.